

geos



Volumen 40 No. 1 Febrero, 2021

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. Mesa Directiva 2020-2021

Dra. Vanesa Magar Brunner
División de Oceanología, CICESE
Presidente

Dr. Arturo Iglesias Mendoza
Instituto de Geofísica, UNAM
Vicepresidente

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

Dr. Héctor González Huizar
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Secretario General

Dr. Markus Gross
División de Oceanología, CICESE
Secretario de Investigación

Dra. Ruth Cerezo Mota
Instituto de Ingeniería, UNAM
Secretario de Difusión

Dra. Ericka Alinne Solano
Universidad del Mar
Secretario de Educación

Dr. Luis Alonso Gallardo Delgado
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Secretario de Vinculación

Editores Principales

Luis A. Delgado Argote
ldelgado@cicese.mx
CICESE

Ruth Cerezo Mota
rcerezom@ingen.unam.mx
UGM

Comité Editorial

Harald Böhnelt, UNAM
Noel Carbajal Pérez, IPICYT
Oscar Campos, UNAM
Gerardo Carrasco, UNAM
Ana Luisa Carreño, UNAM
Carlos Flores Luna, CICESE
Juan García Abdeslem, CICESE
René Garduño, UNAM
Gustavo Tolson, UNAM
Felipe Escalona, 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 <http://www.ugm.org.mx/geos.html>
GEOS (ISSN 0186-1891) se edita en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas 22860, Ensenada B.C., México.

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

Título: GEOS

Periodicidad: semestral

ISSN: 0186-1891

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

EDITORIAL

La Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana de 2020 (RAUGM2020) se realizó del 1 al 6 de noviembre de manera virtual y presencial en EXPO GUADALAJARA, Guadalajara, Jalisco. El programa de la RAUGM2020 estuvo compuesto por un evento de inauguración, una mesa de discusión, 20 sesiones regulares, 19 sesiones especiales, cinco conferencias plenarias, siete cursos técnicos, dos concursos de conocimientos y una Kermés abierta al público en general. Siguiendo la dinámica de las reuniones anuales de los últimos años, el tema de la RAUGM2020 fue "Resiliencia y Adaptación", y en ese contexto, se organizó una mesa redonda sobre Transición Energética y Cambio Climático, la cual se transmitió de manera abierta por la página de Facebook de la UGM, junto con el evento de inauguración que le precedió. Al 24 de enero de 2021 el vídeo ha alcanzado a 10,608 personas, ha tenido 785 interacciones y se ha compartido 29 veces.

La mesa redonda fue organizada y moderada por el Dr. Markus Gross del CICESE, y participaron en ella el Dr. Luca Ferrari del Centro de Geociencias, UNAM, la Dra. Ruth Cerezo del Instituto de Ingeniería Campus Sisal, UNAM y la Maestra Gabriela Mora del Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH. Contamos con la participación de ponentes plenarios de calibre internacional representando a las cuatro secciones de la UGM. Se contó también con una sesión especial multidisciplinaria en Resiliencia Costera, organizada y auspiciada por el Laboratorio de Resiliencia Costera (LANRESC) del Instituto de Ingeniería Campus Sisal, UNAM, en la cual se presentaron 37 trabajos orales y siete ponencias invitadas, siendo una de las sesiones con mayor participación. Se buscó seguir fortaleciendo colaboraciones entre miembros de la UGM y otras instituciones como la NASA, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y la Universidad de Arizona, por mencionar algunas.

En el área de vinculación, se firmó un memorándum de entendimiento con la Sociedad de Geofísicos de la Exploración (SEG) gracias a las gestiones del Dr. Jonás de Basabe Delgado, responsable de la sección de Tierra Sólida, en el cual se acordó que SEG tendría un *stand* de cortesía en la RAUGM, y la UGM tendría uno en la reunión anual de la SEG, por un periodo inicial de dos años, además se acordó en participar en otras actividades de enseñanza y divulgación. Las actividades definidas en el acuerdo se realizaron de manera virtual en 2020 y se realizarán virtual o presencialmente en 2021. También se firmó un memorándum de entendimiento con Estudios Planeteando para actividades especiales de divulgación y difusión de la UGM por el LX aniversario de la RAUGM2020, las cuales desafortunadamente, debido a la pandemia, debieron suspenderse. Aún así, se contó con su entusiasta participación virtual en otras actividades relacionadas con la RAUGM2020 y les agradecemos su apoyo. La colaboración de la UGM con la AGU se mantuvo saludable a pesar de las circunstancias impuestas por la pandemia, la UGM participó de manera virtual y como patrocinador en la reunión de otoño de la AGU, gracias al apoyo que recibimos nosotros, a la vez, de nuestros patrocinadores.

Por la contingencia sanitaria en el área de exhibición se contó solamente con dos *stands* presenciales por compañías ofreciendo servicios geofísicos, y los demás stands participaron virtualmente en una sesión especial organizada con este objetivo. Se realizaron concursos de conocimientos en Ciencias de la Tierra y del Espacio para estudiantes de licenciatura y para público en general con patrocinio del CONACYT, de la UGM y de la AMGE. Se registraron 476 participantes a la RAUGM2020, de los cuales 180 eran estudiantes, 123 eran miembros y 173 fueron no-miembros. La mayoría de los trabajos se presentaron de manera virtual. Los mejores trabajos presentados por estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado obtuvieron, por sección, un reconocimiento -- este año no se contó con estudiantes en Ciencias Espaciales por lo que solo se otorgaron nueve reconocimientos, tres por sección de la UGM. Se agradece el apoyo de todos los evaluadores y los moderadores que participaron en el ejercicio de evaluación y selección de mejores presentaciones en la RAUGM2020.

En la reunión se realizó la Asamblea General de manera ordinaria y extraordinaria, de manera híbrida como el resto de la reunión. La Mesa Directiva presentó los resultados de las votaciones y se hicieron algunos comentarios adicionales sobre los nuevos estatutos, siendo aprobados en lo general por unanimidad. Se anunció el tema, "Geociencia e Inclusión", para la RAUGM2021 y se presentaron los programas de actividades para el próximo año. Se anunciaron a los ganadores de mejores trabajos de tesis del año, así como la Medalla Mariano Bárcena otorgada al Ingeniero Javier Arellano Gil. Agradecemos al comité de selección por su ardua labor, habiendo recibido un total de 14 nominaciones para mejor tesis.

Entre 2020 y los dos primeros meses de 2021 se organizaron un total de 13 webinaros en el tema de Resiliencia y Adaptación, nueve antes de la RAUGM2020 y cuatro después de la misma, los cuales son coordinados por la Dra. Ruth Cerezo Mota y la Dra. Vanesa Magar Brunner del CICESE. La UGM apoyó actividades de enseñanza y divulgación tales como el Congreso Nacional de Estudiantes en Ciencias de la Tierra y el Espacio, la cual se llevó a cabo virtualmente. Debido a la contingencia de COVID-19, las Olimpiadas desafortunadamente fueron suspendidas, al igual que muchas estancias de verano de estudiantes de licenciatura, y se limitaron las posibilidades de participación de muchos estudiantes e investigadores en la RAUGM2020. Por su parte, las revistas GEOS y Geofísica Internacional, la página de la UGM, y los demás canales de divulgación y difusión de la Asociación en redes sociales continuaron sus actividades, procurando fortalecerse en lo posible ante el escenario de la nueva normalidad. La Dra. Erika Alinne Solano de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel llevó a

cabo un concurso de conocimientos virtual a lo largo del año, con el apoyo en sistemas de José Mojarro Bermúdez; les agradecemos a ambos su dedicación y desempeño.

Agradecemos a nuestros patrocinadores: la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM y al CICESE por su generosa aportación, así como a los institutos de Geofísica, de Geología y al Centro de Geociencias Unidad Juriquilla de la Universidad Nacional Autónoma de México. Agradecemos a la AMGE por los premios monetarios del concurso de conocimientos para estudiantes de la RAUGM2020. Agradecemos el apoyo parcial del CONACYT a través del proyecto "Actividades de divulgación de Ciencias de la Tierra por el LX aniversario de la Unión Geofísica Mexicana 2020" de la Convocatoria de Vocaciones Científicas 2020, con el Dr. Mario González Escobar como responsable técnico y Mónica Sánchez como apoyo administrativo, ambos del CICESE, para efectuar la Kermés de Ciencias de la Tierra y el Espacio dirigida al público en general y los premios de los concursos de conocimientos de la RAUGM2020. Estos eventos también contaron con apoyo en especie de la UGM. La Kermés se llevó a cabo el día 4 de noviembre por la tarde en EXPO GUADALAJARA de manera híbrida. La Dra. Ericka Alinne Solano y la Dra. Vanesa Magar Brunner organizaron el programa y la Dra. Ericka Alinne Solano estuvo a cargo de la coordinación de la Kermés. En el evento se presentaron cinco pláticas de divulgación (cuatro virtuales y una presencial) así como cuatro talleres presenciales. Al igual que para el resto del evento, se siguieron protocolos estrictos de higiene para proteger a los participantes presenciales de posibles contagios por COVID-19. Los eventos sociales de la RAUGM2020 fueron cancelados, considerando las circunstancias sanitarias.

Las actividades de la UGM no podrían materializarse sin la dedicación y el trabajo voluntario de los académicos, profesionistas y estudiantes que conforman a la Asociación, así como los que dedican su tiempo altruistamente a la organización y moderación de sesiones. Agradezco también a todos los miembros de la Mesa Directiva 2020-2021: Arturo Iglesias Mendoza, Mario González Escobar, Héctor González Huizar, Markus Gross, Ruth Cerezo Mota, Ericka Alinne Solano, y Luis Alonso Gallardo Delgado, así como a los responsables de sección, quienes a pesar de la pandemia se mantuvieron firmes y siempre disponibles para apoyar con las actividades de la Unión Geofísica Mexicana. En particular quiero agradecer al comité organizador de la RAUGM2020: Ángel Daniel Peralta Castro, Sergio Manuel Arregui Ojeda, Félix Rodrigo Rodríguez Cardozo y José de Jesús Mojarro Bermúdez, así como al staff de apoyo quienes, tanto de manera presencial en Guadalajara, como a la distancia lograron que la RAUGM2020 fuera todo un éxito como siempre. Finalmente, agradecemos a los 154 asociados ordinarios y los 81 asociados estudiantes que mantuvieron activa su membresía en 2020.

Dra. Vanesa Magar Brunner
Presidente
Unión Geofísica Mexicana, A. C.

ESTRUCTURA DE LA REUNIÓN ANUAL 2020

La Reunión Anual 2020 tuvo 512 trabajos aceptados repartidos en 20 sesiones regulares y 19 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 seis expositores de los sectores privado, público y académico. Se ofrecieron además siete cursos de capacitación sobre temas de interés diverso para estudiantes y especialistas.

Conferencias Plenarias

THE ICESAT-2 MISSION: LAND, OCEAN, AND INLAND WATER DATA PRODUCTS FOR MIDDLE AND LOW LATITUDE SCIENCE AND APPLICATIONS

Michael F. Jasinski

Hydrological Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA

HURRICANE RISK IN MEXICO: PRESENT AND FUTURE

Kerry A. Emanuel

Atmospheric Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA

COMUNICAR RIESGOS: UN PELIGRO AÑADIDO

Daniel García Jiménez

Big Van Ciencia, Madrid, España

THE DUET OF MACHINE LEARNING AND CONVENTIONAL MODELING IN EARTH SYSTEM SCIENCE: A PERSONAL JOURNEY

Xubin Zeng

Department of Hydrology and Atmospheric Sciences, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

¿CÓMO DESVIAR UN ASTEROIDE EN RUTA DE COLISIÓN CON LA TIERRA?

Gonzalo Tancredi

Departamento de Astronomía, UdelaR, Uruguay

Mesa de Discusión

TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO, DESDE UN PUNTO DE VISTA DE RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN

Panelistas:

Luca Ferrari, Centro de Geociencias, UNAM

Ruth Cerezo, Instituto de Ingeniería, UNAM

Gabriela Mora, Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

Coordinador:

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

Sesiones Regulares

ARQUEOMETRÍA (AR)

Organizadores:

Galia González Hernández, Angel Ramírez Luna, Ana María Soler Arechalde

CIENCIAS DEL SUELO (CS)

Organizadores:

Blanca Prado, Elizabeth Solleiro

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA (CCA)

Organizadores:

Erika Danaé López Espinoza, Luis Felipe Pineda Martínez

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (EG)

Organizadores:

Miguel Angel Alatorre Zamora, Fernando Corbo Camargo, Iza Canales, Jorge Arzate Flores, Diego Ruiz

FÍSICA ESPACIAL (FE)

Organizadores:
Juan Américo González Esparza

GEODESIA (GEOD)

Organizadores:
Bertha Márquez, Enrique Cabral

GEOHIDROLOGÍA (GEOH)

Organizadores:
José Alfredo Ramos Leal, Janete Morán Ramírez

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (GP)

Organizadores:
Javier Arellano Gil, Enrique Coconi Morales

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA (GET)

Organizadores:
Rosalva Pérez, Juan Contreras

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL (GGA)

Organizadores:
Laura Elizabeth Peña Garcia, Roberto Maciel Flores, Zayre Ivonne González Acevedo

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO (GEOPAL)

Organizadores:
Alejandro Rodríguez, Miguel Ángel Cervantes Solano

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA (GEOQP)

Organizadores:
Dante Morán, Ramón Mendoza

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS (MSG)

Organizadores:
Luis Alonso Gallardo, Vlad Manea, Markus Gross, Jonas D. De Basabe Delgado

OCEANOGRAFÍA COSTERA (OCC)

Organizadores:
Amaia Ruiz, Bernardo Esquivel, Cecilia Enriquez, Christian Appendini

OCEANOLOGÍA (OCE)

Organizadores:
Emilio Beier, Alejandro Kurczyn, Alejandro Souza

PALEONTOLOGÍA (PALEO)

Organizadores:
Ricardo Barragan Manzo, Eduardo Jiménez Hidalgo, Miguel Ángel Torres Martínez

RIESGOS NATURALES (RN)

Organizadores:
David Novelo, Gerardo Suárez

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA (SED)

Organizadores:
Eduardo Jiménez Hidalgo

SISMOLOGÍA (SIS)

Organizadores:
Alinne Solano, Oscar Castro

VULCANOLOGÍA (VUL)

Organizadores:
Lucia Capra

Sesiones Especiales

LIMNOLOGÍA FÍSICA (SE01)

Organizadores:
Diego Pantoja, Tzitzlali Gasca, Jorge Montes Aréchiga

MEDIOS DIGITALES EN LA EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA: RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN ANTE LA PANDEMIA (SE02)

Organizadores:
Bernardo Adolfo Bastien Olvera, Raiza Pilatowsky Gruner, Mónica Guadalupe Ramírez Calderón

AVANCES RECIENTES EN MODELACIÓN NUMÉRICA, EXPERIMENTAL O ESTADÍSTICA PARA ENERGÍA EÓLICA Y ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS (SE03)

Organizadores:
Markus Gross, Vanesa Magar, Osvaldo Rodríguez Hernández, Alfredo Peña

ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN Y PROFESIONALES: REPORTE DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS Y PROFESIONALES, Y EXPERIENCIAS DE INTERACCIÓN A DISTANCIA (SE04)

Organizadores:
Eloísa García Canseco, Mary Carmen Ruiz de la Torre, Jonas D. De Basabe Delgado, Vanesa Magar Brunner

LA IUGG-MÉXICO EN LA COLABORACIÓN CIENTÍFICA ACTUAL SOBRE FENÓMENOS NATURALES Y SUS EFECTOS EN LA RESILIENCIA ANTE DESASTRES (SE05)

Organizadores:
Hugo Delgado Granados, Miguel Ángel Santoyo García Galiano

SEGUNDA REUNIÓN DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE ARQUEOMETRÍA DEL OCCIDENTE, CELEBRANDO EL 20 ANIVERSARIO DEL CENTRO DE ESTUDIOS ARQUEOLÓGICOS DEL COLMICH (SE06)

Organizadores:
Rodrigo Esparza López, Avto Gogichaishvili, Blanca Maldonado Alvarez, Francisco Sánchez Tornero

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

Organizadores:
Marina Manea, Erika Jessenia Moreno, Silvia Violeta Nava Lara, Andres David Bayona

TELEDETECCIÓN EN LAS GEOCIENCIAS - INVESTIGACIÓN SUSTENTADA POR TECNOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA (SE08)

Organizadores:
Guillermo Díaz Méndez, Armando Trasviña Castro, Alejandro Souza Gómez

USO DE SENSORES REMOTOS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA (SE09)

Organizadores:
Jorge Vazquez-Cuervo, Jose Gomez-Valdes, Marouan Bouali, Marisol Garcia-Reyes

A 10 AÑOS DEL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH (MW 7.2) (SE10)

Organizadores:
Javier Alejandro González Ortega, José Antonio Vidal Villegas, María Alejandra Núñez Leal, Erik Esteban Ramírez Ramos

CUENCAS DE PEDREGOSA Y DE CHIHUAHUA (SE11)

Organizadores:
Ignacio Reyes, Jorge Lucero

GEOCIENTÍFICOS DEL PRESENTE INSPIRANDO A LOS DEL FUTURO: UNA SESIÓN EN LÍNEA AL ALCANCE DE TODOS (SE12)

Organizadores:
Miguel Ángel Rodríguez Domínguez, Manuel de Jesús Aguilar Velázquez, Luis Daniel Martínez Jiménez

MODELACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL Y CORDEX (SE13)

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

HERRAMIENTAS GEOFÍSICAS PARA IMPULSAR EL DESARROLLO DE ENERGÍAS LIMPIAS (SE14)

Organizadores:
Claudia Arango Galván, Marco Calò, Marco Antonio Pérez, Diego Ruiz Aguilar

RESILIENCIA COSTERA (SE15)

Organizadores:
Paulo Salles Afonso de Almeida, Nuno Simoes, V. Sophie Avila Foucat, Alec Torres Freyermuth

LA GEOLOGÍA DE SONORA: BASES Y NUEVAS PERSPECTIVAS (SE16)

Organizadores:
Mélanie Noury, Rafael Del Rio Salas, Thierry Calmus, Martín Valencia

ÁREA DE EXHIBICIÓN: INSTRUMENTACIÓN, PRODUCTOS, Y SERVICIOS OFRECIDOS POR EMPRESAS E INSTITUCIONES ACADÉMICAS (SE17)

Organizadores:
Félix Rodríguez, Daniel Peralta, Vanesa Magar

GENERAL (SE18)

Organizadores:
Daniel Peralta, Vanesa Magar

CONFERENCIAS PLENARIAS (SE19)

Organizadores:
Daniel Peralta, Vanesa Magar

Cursos

ANÁLISIS HIDROGRÁFICO URBANO – UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA MITIGAR DAÑOS POR INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS (CU01)

Instructores:
Juan Carlos Mora Chaparro

MANEJO ESPACIAL MARINO – GUÍA EN CONCEPTOS Y BUENAS PRÁCTICAS (CU02)

Instructores:
Vanesa Magar

ASPECTOS TÉCNICOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MESOCOSMOS PARA EVALUAR FLUJOS BENTONICOS EN SEDIMENTOS (CU03)

Instructores:
Victor Alejandro Arias Esquivel

DATACIÓN ARQUEOMÉTRICA: TERMOLUMINISCENCIA, RADIOCARBONO Y ARQUEOMAGNETISMO (CU04)

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

MODELACIÓN NUMÉRICA PARA CÓMPUTO CIENTÍFICO (CU05)

Instructores:
Victor De la Luz, Francisco Tapia, Enrique Cruz, Arian Ojeda

DISTINTAS APLICACIONES DEL MÉTODO MT Y NUEVAS GENERACIONES DE SISTEMAS UMT EN LA ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y GESTIÓN DE DATOS (CU06)

Instructores:
Fernando Corbo Camargo, Jorge Arturo Arzate Flores

HIDROGEOQUÍMICA APLICADA (CU07)

Instructores:
Janete Moran-Ramirez, Jose Alfredo Ramos-Leal

Expositores

AMPERE

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

VASE

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

CENTRO DE GEOCIENCIAS

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

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

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

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE

<http://www.cicese.mx>

POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA FÍSICA, CICESE

<http://www.cicese.mx>

Patrocinadores

AMPERE

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

CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM

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

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

<http://www.cicese.mx>

COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

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

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

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

Comité Organizador

Ángel Daniel Peralta Castro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Sergio Manuel Arregui Ojeda

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Félix Rodrigo Rodríguez Cardozo

Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

José de Jesús Mojarro Bermúdez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

ÍNDICE GENERAL

Página

Editorial	i
Estructura de la Reunión Anual 2020	iii
Índice general	ix

Sesiones Regulares

Arqueometría (AR)	1
Ciencias del suelo (CS)	4
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA)	7
Exploración geofísica (EG)	17
Física espacial (FE)	25
Geodesia (GEOD)	28
Geohidrología (GEOH)	32
Geología del petróleo (GP)	36
Geología estructural y tectónica (GET)	38
Geología y geofísica ambiental (GGA)	45
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL)	48
Geoquímica y petrología (GEOQP)	51
Modelación de sistemas geofísicos (MSG)	56
Oceanografía costera (OCC)	60
Oceanología (OCE)	68
Paleontología (PALEO)	73
Riesgos naturales (RN)	77
Sedimentología y estratigrafía (SED)	84
Sismología (SIS)	88
Vulcanología (VUL)	96

Sesiones Especiales

Limnología física (SE01)	99
Medios digitales en la educación, comunicación y divulgación de Ciencias de la Tierra: resiliencia y adaptación ante la pandemia (SE02)	102
Avances recientes en modelación numérica, experimental o estadística para energía eólica y energías renovables marinas (SE03)	107

Estancias de investigación y profesionales: reportes de actividades académicas y profesionales, y experiencias de interacción a distancia (SE04)	112
La IUGG-México en la colaboración científica actual sobre fenómenos naturales y sus efectos en la resiliencia ante desastres (SE05)	114
Segunda reunión de la Sociedad Mexicana de Arqueometría del Occidente, celebrando el 20 aniversario del Centro de Estudios Arqueológicos del COLMICH (SE06)	116
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE07)	120
Teledetección en las geociencias - investigación sustentada por tecnologías de observación de la Tierra (SE08)	124
Uso de sensores remotos en oceanografía costera (SE09)	130
A 10 años del sismo El Mayor-Cucapah (Mw 7.2) (SE10)	132
Cuencas de Pedregosa y de Chihuahua (SE11)	136
Geocientíficos del presente inspirando a los del futuro: una sesión en línea al alcance de todos (SE12)	140
Modelación climática regional y CORDEX (SE13)	143
Herramientas geofísicas para impulsar el desarrollo de energías limpias (SE14)	145
Resiliencia costera (SE15)	148
La geología de Sonora: bases y nuevas perspectivas (SE16)	160
Área de exhibición: instrumentación, productos, y servicios ofrecidos por empresas e instituciones académicas (SE17)	165
Conferencias plenarias (SE19)	168
Índice de autores	170

Sesión regular

ARQUEOMETRÍA

Organizadores:

Galia González Hernández

Ángel Ramírez Luna

Ana María Soler Arechalde

AR-1

CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO IV DEL SITIO ARQUEOLÓGICO DE MONTE ALBÁN, OAXACA, MÉXICO, MEDIANTE MÉTODOS GEOFÍSICOS

Márquez Díaz Susana Alejandra¹, Escudero Ayala Christian René¹, Robles García Nelly Margarita² y Sterpone José Osvaldo³

¹Universidad de Guadalajara, UdeG CUC

²Centro INAH Oaxaca

³Centro INAH Hidalgo

almejandra762@gmail.com

En este trabajo se presentará la parte teórica del uso del método eléctrico en arqueología, así como la metodología utilizada para la primera campaña geofísica realizada en el sitio arqueológico de Monte Albán, Oaxaca, México. En la cual se implementó el método eléctrico, usando un resistivímetro SYSCAL PRO, instalando sobre el edificio IV de Monte Albán, 12 líneas de 48 electrodos cada una. Se usó el arreglo Dipolo-Dipolo, realizando dos lecturas una profunda y una superficial. La profunda consta de 906 cuadrípolos y la superficial de 405 cuadrípolos. El objetivo es construir pseudo-perfiles de iso-resistividad aparente, para la determinación de anomalías que permitan estimar las condiciones internas de la estructura. De esta manera evaluar la posible afectación de este Edificio, ocasionada por el evento sísmico de magnitud 7.1 acontecido el 19 de septiembre de 2017; con epicentro entre el límite de los estados de Puebla y Morelos, e hipocentro a una profundidad de 51 km., que provocó evidentes daños en la infraestructura de la región y particularmente en algunas estructuras que constituyen el sitio arqueológico de Monte Albán. Esta investigación es posible gracias al "Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por el Sismo 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompá", dirigido por la Dra. Nelly Robles García, y al Arqueólogo José Osvaldo Sterpone, investigador adscrito al centro INAH-Hidalgo. Quién es el responsable de la parte Geofísica de este proyecto.

AR-2 PLÁTICA INVITADA

INVERSIÓN DE DATOS MAGNÉTICOS EN EL ESTUDIO DEL SITIO ARQUEOLÓGICO PALACIO DE OCOMO MEDIANTE VOXELIZACIÓN BAYESIANA

Dávila Rodríguez Israel Alberto, Guerrero Arroyo Edgar Alejandro y Palafox González Abel
¹Facultad de Ciencias, UNAM
israel.davila8935@alumnos.udg.mx

La inversión de datos Geofísicos en general, involucra la resolución numérica de problemas de alta dimensión. La incorporación de elementos a priori en la formulación del problema inverso contribuye en reducir la no-unicidad de soluciones. En este sentido, el uso de representaciones y métodos numéricos consistentes con la información a priori es obligado. En el caso de estudio de sitios arqueológicos, se tienen elementos tales como: área de estudio bien delimitada, tanto horizontalmente como en profundidad; así como estructura de los objetos de interés, es decir, se buscan muros o construcciones bien definidas; tales que se pueden incorporar en el procedimiento de inversión. En este trabajo, al igual que en otros desarrollos reportados en la literatura, suponemos que las estructuras de interés, al tener formas geométricamente regulares, pueden ser descritas como un conjunto de prismas rectangulares en 3 dimensiones (voxels). El problema inverso consiste entonces en identificar el conjunto de voxels que reproduzcan una anomalía magnética correspondiente al sitio arqueológico del Palacio de Ocomó. Para lo cual, planteamos este problema de inversión en el contexto Bayesiano y diseñamos un procedimiento numérico adecuado, tanto a la representación como a la información que se conoce del sitio. El diseño e implementación de este procedimiento es la principal contribución de este trabajo. Cabe mencionar que este sitio ha sido parcialmente excavado por un grupo de arqueólogos, por lo cual se tienen elementos para validar en físico los resultados de nuestros experimentos. Los detalles de implementación, así como su uso en sitios no excavados son también discutidos.

AR-3

EL PERITAJE CERÁMICO APLICANDO TERMOLUMINISCENCIA, FLUORESCENCIA DE LUZ UV, DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Ramírez Luna Angel¹, Schaaf Peter¹ y Martínez Jardines Gerardo²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

rangel@geofisica.unam.mx

Existe una gran cantidad de piezas arqueológicas contextualizadas, esto da "fe" de la autenticidad o antigüedad de la pieza, sin embargo, existen muchas piezas de las cuales se desconoce el contexto de su procedencia, con ello surge la pregunta ¿Es antigua o es una falsificación?, este tipo de piezas sin contexto generalmente se encuentran en instituciones, museos, colecciones privadas, en casas de subastas de arte e incluso en el mercado negro. El valor económico de las piezas arqueológicas puede llegar a ser muy alto, esto es un detonante para

el mercado negro y la falsificación de ellas. Por ejemplo, en México se pueden encontrar piezas falsas en colecciones que se conformaron hace más de un siglo. Expertos como arqueólogos y ceramistas en ocasiones emiten juicios inexactos o errados sobre la antigüedad o autenticidad de piezas arqueológicas, dados los cada vez más sofisticados procesos de fabricación, donde las técnicas de manufactura antiguas son recreadas y las piezas son "envejecidas" artificialmente, en ocasiones la iconografía o motivos pueden ser modificados e incluso inventados, creando así incertidumbre a quienes estudian e interpretan desde un punto de vista académico este tipo de piezas. En este trabajo se presenta la metodología desarrollada en el Laboratorio de Termoluminiscencia del Instituto de Geofísica, UNAM, donde se lleva a cabo las pruebas de antigüedad o autenticidad en cerámicas arqueológicas, esto aplicando el método de termoluminiscencia, además de otras técnicas como la luminiscencia de luz ultravioleta a diversas longitudes de onda, y en colaboración se aplica la fluorescencia de rayos X para determinar la composición elemental y la difracción de rayos X para determinar la composición mineralógica.

AR-4

TEOTIHUACAN. REVISIÓN DE DATOS DE ARQUEOMAGNETISMO

Soler Arechalde Ana María¹, Manzanilla Naim Linda R.², Ortega Cabrera Verónica³, Vite Galindo Andrés Michael¹, Lozano Hilda¹ y Barrera Alan¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas

³Universidad Autónoma del Estado de México

anesoler@geofisica.unam.mx

Desde 2000 Teotihuacan ha sido el sitio más ampliamente investigado con arqueomagnetismo con el objetivo primordial de conocer mejor la evolución de esta gran metrópoli. Las primeras muestras fueron tomadas en 1973 por Wolfman y desde ese primer estudio se apuntó que el Gran Incendio que originó su abandono fue cercano al 500 dC. En 2000 con Hueda se realizó un muestreo en la zona de la Ciudadela, Pirámide de la Luna, Grupo Viking y Tetitla, pero el realizado en el Barrio de Teopancazco fue de gran detalle, siendo este trabajo el detonador de un muestreo más detallado del área. En este trabajo se presentarán estos resultados y los obtenidos a posteriori tanto en Teopancazco como en Xalla, las Pirámides del Sol, la Luna y Quetzalcoatl, Plaza Jaguares, el Quincuncen de la Pirámide de la Luna, Quetzalpapalotl y el área de Plaza de las Columnas. Los datos se analizarán tanto por áreas como por temporalidades empleando el extensivo muestreo de Teopancazco(1999–2008) y el análisis bayesiano de las muestras de radiocarbono.

AR-5

ANÁLISIS ARQUEOMAGNÉTICO DE PISOS Y APLANADOS PREHISPÁNICOS EN EL SUR DE ZACATECAS: CERRO DEL TEÚL Y CERRO DE LAS VENTANAS. RESULTADOS PRELIMINARES.

Estrada Molina Daniela Alejandra¹, López Delgado Verónica², Soler Arechalde Ana María², Solar Valverde Laura², Martínez Méndez Luis³ y Jiménez Betts Peter³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro INAH Zacatecas

dansuna24@ciencias.unam.mx

La historia prehispánica del sur de Zacatecas se caracteriza por la existencia de sitios con una larga ocupación y una participación dinámica en las redes del occidente y noroccidente de México, tal es el caso de los centros ceremoniales del Cerro del Teúl y Cerro de las Ventanas. Para poder comprender la integración de estas sociedades en distintos escenarios geopolíticos a lo largo de los siglos, y para analizar los procesos de adaptación cultural por los que transitaron, resulta indispensable la construcción de una cronológica sólida. Gracias a una década de exploraciones sistemáticas en el Cerro del Teúl se cuenta ya con un cuantioso acervo de datos para la comprensión de sus transformaciones culturales. Por su parte, las exploraciones extensivas en el Cerro de las Ventanas apenas comienzan. Por ello, la posibilidad de obtener dataciones por arqueomagnetismo constituye una oportunidad invaluable de contar con un mayor número de datos que den indicios sólidos para precisar la secuencia histórica de ambos sitios. En este trabajo se mostrarán los resultados de los estudios de fábrica magnética: susceptibilidad, variación con frecuencia y temperatura, anisotropía de susceptibilidad magnética; y determinación de arqueodirecciones de aplanados y pisos extraídos de los sitios arqueológicos Cerro del Teúl y Cerro de las Ventanas, así como su factibilidad para la determinación del registro del campo magnético antiguo. Los aplanados provienen de cuatro capas rojas, dos expuestas y dos no expuestas al fuego, y cinco blancas del Cerro de las Ventanas. En particular se analizará la factibilidad de las no quemadas para el registro del campo magnético terrestre, ya que estos aplanados de tipo bajareque no se han estudiado anteriormente y se investiga si como en otros sitios de la Faja Volcánica Transmexicana, contengan cenizas y material volcánico molido con minerales magnéticos suficientes para ello. En el caso del Cerro del Teúl se tomaron 4 muestras, una de ellas con evidencias de exposición al fuego, y dos más provenientes de dos etapas de un fogón. Además de su utilidad para afinar la columna cronológica de la ocupación prehispánica en ambos sitios, los resultados

nos permitirán aumentar el número de muestras para el desarrollo de la curva de variación secular para el occidente de México.

AR-6

TRAYECTORIA DEL LUR EN LA DATACIÓN DE ARTEFACTOS ARQUEOLÓGICOS Y EN LA GENERACIÓN DE CRONOLOGÍAS DE CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

González Hernández Galia¹ y Beramendi Oroscio Laura²

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

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, IGL, UNAM
galia@geofisica.unam.mx

Desde su creación, hace más de 16 años el Laboratorio Universitario de Radiocarbono-LUR del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía-LANGEM de la UNAM ha colaborado en múltiples proyectos de investigación arqueológicos contribuyendo de manera significativa en la generación de cronologías de radiocarbono, tanto para sitios mexicanos como de Latinoamérica. En este trabajo se presentará una sinopsis de los trabajos más relevantes desarrollados ya sea en excavaciones extensivas como el centro de barrio de Teopancazco y el conjunto palaciego de Xalla en Teotihuacan, en proyectos de poblamiento temprano en la depresión central de Chiapas como la cueva de Santa Marta, así como en diversos proyectos de salvamento del INAH; colaborando desde la selección de las muestras hasta la generación de modelos cronológicos de alta resolución empleando estadística bayesiana.

AR-7

ANÁLISIS FUNCIONAL DE UN CONJUNTO DE ARTEFACTOS ASOCIADOS AL TRABAJO TEXTIL DURANTE EL PERIODO POSCLÁSICO

Jiménez González Rocío Berenice¹, Pérez Martínez Patricia², Acosta Ochoa Guillermo³ y Arreola Torres Roberto²

¹Instituto Nacional de Antropología e Historia

²Escuela Nacional de Antropología e Historia

³Instituto de Investigaciones Antropológicas

rberenicejimenez@gmail.com

En el presente trabajo se expone el estudio traceológico de un conjunto de artefactos líticos procedentes del sur de la cuenca de México del periodo Posclásico (900-1521 dñe). Estos artefactos generalmente han sido descritos como azadas o azadones debido a su similitud morfológica con tales instrumentos del trabajo agrícola. No obstante, autores como Parsons y Parsons (1990) sugieren, basados en analogías etnográficas, su empleo como desfibreadores o despulpadores implicados en el proceso de trabajo textil para el procesamiento del ixtle (*Agave* sp). Con la finalidad de corroborar su probable uso en los procesos de trabajo vinculados con la manufactura textil, se realizaron diversos estudios para evaluar su funcionalidad, como el análisis de huellas de uso mediante microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido, tanto a los materiales arqueológicos, como a los experimentales. Este método implica la identificación de trazas microscópicas en la superficie de los objetos posterior a uso, pudiendo diferenciar entre diferentes materias primas (madera, vegetal, hueso, etc.). En nuestro estudio se utilizaron impresiones de polivinil siloxano (PVS) para muestrear los materiales arqueológicos y experimentales. Los resultados indican la utilidad de este tipo de técnicas para evaluar la funcionalidad de los artefactos más allá de su descripción morfológica.

AR-8

LEVANTAMIENTOS DE TOMOGRAFÍA RESISTIVA EN EL PALACIO DE OCOMO Y CAMBIOS DE RESISTIVIDADES ESPACIALES

Alatorre Zamora Miguel Angel¹, Rosas-Elguera José², Smith Márquez Sean Montgomery³, Fregoso Becerra Emilia⁴, Palafox González Abel¹, Guerrero Arroyo Edgar Alejandro¹ y Becerra López Fernando Ignacio⁴

¹Departamento de Ingeniería Civil, CUCEI, Universidad de Guadalajara

²CUVALLES, Universidad de Guadalajara

³Colegio de Michoacán

⁴Departamento de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara

alatorre2004@hotmail.com

A lo largo de aproximadamente cuatro años se realizaron tres campañas de mediciones con la técnica de Tomografía Eléctrica Resistiva en DC en la estructura principal del sitio arqueológico de Oconahuá, conocida como Palacio de Ocomó. Los resultados han mostrado varios sesgos interesantes: 1) el comportamiento de las isorresistividades con profundidad nunca se ha visto horizontal, sino con marcados contrastes laterales, lo que implica un "subsuelo" completamente artificial, es decir, se tiene una estructura rellena que no ha aprovechado algún relieve natural, e incluso, es posible un relleno muy posterior a la construcción del Palacio, propuesto por los hallazgos arqueológicos en ese periodo; 2) Dos de los levantamientos se han realizado en áreas que se habían excavado previamente, como parte de los trabajos propios del sitio arqueológico. En estos casos se han localizado varias estructuras

bidimensionales en forma de muros hechos con bloques de materiales geológicos locales. El tercer levantamiento fue realizado en un área que aún hoy permanece sin excavar; 3) en los tres levantamientos se aprecian rasgos anómalos como máximos resistivos, que tienen fuerte correlación con las estructuras prehispánicas, y son posiblemente debidos a estas fuentes. Los muros están constituidos por rocas volcánicas riolíticas y brechas andesíticas del Terciario Superior. La mayor parte de los perfiles fueron realizados con dirección S – N, casi todos llevan longitudes de aproximadamente 22 metros, y las distancias entre electrodos han variado entre uno y 0.5 metros. El arreglo eléctrico empleado en todos los levantamientos fue el dipolo – dipolo. La mayor parte de las estructuras localizadas en los trabajos arqueológicos tienen tendencias S – N y E – W, así que los perfiles de TER sólo muestran los rasgos W-E. En el área no excavada, además, los resultados de las inversiones aprecian otras estructuras que podrían corresponder con escalinatas y el extremo final oriental de la estructura principal del Palacio de Ocomó.

AR-9 CARTEL

IMPACTO DE LA MINERÍA PREHISPÁNICA DEL CINABRIO (HG₂S) EN LOS SUELOS DE UNA REGIÓN DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

Hernández-Silva Gilberto¹, Martínez-Trinidad Sergio², Lugo De la Fuente Jorge³, Solís-Valdez Sara⁴, Vassallo Luis⁵, Bartha Andras⁶, Brezynyanszky Karol⁷, Scharek Péter Pál⁸ y Solorio-Munguía José Gregorio¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

³Facultad de Ciencias, UAEM

⁴UVMB, Budapest, Hungría

⁵Hungarian Geological Institute (retired)

ghsilva@geociencias.unam.mx

Por más de 2000 años, el mineral de cinabrio (HgS) ha sido explotado en una parte de la Zona Mineralizada de Mercurio de la Sierra Gorda de Querétaro, durante la época prehispánica, colonial y la actual. En la región existen dos sitios arqueológicos principales ligados a la explotación histórica del cinabrio: Ranas y Toluquilla. Por su gran valor religioso, social y económico, el cinabrio fue objeto de comercio con regiones cercanas y lejanas a estos sitios arqueológicos. Actualmente se tiene comprobado que, El Hombre puede ser receptor de Hg a través de la inhalación de partículas del aire, contacto directo o ingestión. También se sabe que, el Hg persiste en el ambiente y sitios contaminados, aún después de decenas o cientos de años de haber cerrado una mina. Estos mecanismos han operado en el pasado y en el presente. Por otra parte, los desperdicios de la actividad histórica-minera del Hg han dejado en la región, un gran número de terreros expuestos a la intemperie, con emisiones permanentes de Hg a la atmósfera y liberaciones constantes hacia los sistemas terrestres. Con base en estos antecedentes, el objetivo de nuestro trabajo fue establecer la influencia de la minería prehispánica del cinabrio en el medio ambiente y establecer el alcance de su dispersión en los suelos de la región. Para ello, se colectaron 24 muestras georreferenciadas de terreros y suelos en la bocamina de las minas prehispánicas correspondientes. Estas fueron identificadas plenamente por personal conocedor de la materia y de la región. El muestreo abarcó 26 km². El material obtenido en campo fue tratado y preparado para el análisis de laboratorio de acuerdo con la NOM-2014. Para determinar el contenido de Hg en las muestras, se utilizó un equipo AMA 254 (Analizador de Mercurio Avanzado). La base de datos obtenida con los resultados de laboratorio, sirvieron para proporcionar información a un SIG, obteniéndose un mapa que señala entre otras cosas, una mayor concentración de Hg total alrededor de los sitios arqueológicos y en la región de Calabacillas. La máxima concentración encontrada fue de 416 mg/kg y la mínima 1.3 mg/kg. Se realiza una breve descripción de su dispersión y se discute el porqué. Finalmente, se hace una comparación y ubicación de la minería prehispánica del cinabrio, con la que hemos desarrollado actualmente en toda la Zona Mineralizada de Mercurio de la Sierra Gorda de Querétaro y Guanajuato. Con agradecimiento al PAPIIT-UNAM, clave IN103817.

Sesión regular

CIENCIAS DEL SUELO

Organizadores:
Blanca Prado
Elizabeth Solleiro

CS-1

ALMACENES Y ESTABILIDAD DEL CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS EN UNA TOPOSECUENCIA DE BOSQUES MESÓFILOS DE MONTAÑA DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

García Calderón Norma Eugenia, Bustamante Martínez Aura Minerva y Fuentes Romero Elizabeth
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 negc@ciencias.unam.mx

La zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro, ha sido sometida a diversos impactos por causas naturales de uso y manejo, modificando la capacidad de los suelos de almacenar carbono orgánico (CO). La relación suelo-planta es fundamental para mantener el aporte de residuos orgánicos que conforman el mantillo forestal (horizonte O) y mantienen la biomasa subterránea, regulan los procesos de transformación de la materia orgánica, su acumulación y estabilización en los suelos, promoviendo los procesos de estructuración, fundamentales en los servicios ecosistémicos de los suelos. El objetivo de este estudio fue evaluar el almacén y estabilidad de CO en suelos de BMM en una toposecuencia en Valle Verde, Jalpan de Serra (14 Q, X: 482649; Y: 2381383). Se estableció el grado de evolución de los compartimentos del COS y su relación con los agregados del suelo. En un diseño experimental de reloj georeferenciado de 25m radio en la toposecuencia. En el centro se realizó el estudio morfológico de perfiles de suelo, determinando los descriptores físicos, químicos y biológicos relacionados con la dinámica del CO. Se determinó la estabilidad del almacén de CO del suelo relacionado a la agregación, con la proporción de carbono orgánico activo y pasivo y con propiedades del mantillo mediante análisis exploratorios y correlación de Sperrmann en Statistics. La toposecuencia de suelos evidenció que en la ladera media-alta (1262 m snm) se han desarrollado Akroepiskeletic Cambisols (loamic) asociados con el Chromic Luvisol (Cutanic, Profondic), en la ladera media baja (1232 msnm). El mantillo presentó subhorizontes OL (Oi) y OF (Oe)Ah, el tipo de humus es Mull. El horizonte O es somero con reacción moderadamente ácida en el OL a ligeramente ácida en el OF de los Cambisols, en el Luvisol varía de moderadamente ácida en OL a fuertemente ácida en el OF. Los almacenes de CO en los Cambisols corresponden a 73.55 Mg.ha⁻¹ y en el Luvisol a 123 Mg.ha⁻¹. La estabilidad del CO es mayor en Cambisols con respecto al Luvisol, conforme a las relaciones de las fracciones del C activo (carbono orgánico soluble, ligero y de los ácidos fúlvicos) con el C pasivo (CO de ácidos húmicos y huminas); así como el almacén tiene una fuerte estabilidad asociada a mesoagregados y macroagregados, con la presencia de una alta proporción de carbono pasivo. Los procesos de ladera inciden en los cambios en la morfología del paisaje de la toposecuencia y afectan los almacenes del COS; los suelos estudiados contienen almacenes de CO en menor proporción con respecto a otras localidades de BMM estudiadas en la SGQro, donde las funciones de secuestro de C en el suelo y sus conexiones con otras funciones ecosistémicas son prioritarias para su conservación en el marco de las metas del desarrollo sostenible. Este estudio fue apoyado por el Proyecto PAPIIT IN121320.

CS-2

EL PAPEL DEL MATERIAL PARENTAL Y DEL RELIEVE EN EL DESARROLLO DE SUELOS CON PROPIEDADES VÉRTICAS: EL BAJÍO COMO CASO DE ESTUDIO

Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Vargas Rodríguez Daniela² y Sedov Sergey³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
³Instituto de Geología, UNAM
 solleiro@geologia.unam.mx

La formación de Vertisoles es resultado de una variedad de procesos que operan simultáneamente. Su génesis ocurre en materiales parentales básicos, en varias zonas climáticas y en relieves bajos, de poca pendiente. En este trabajo se presentan los resultados de un estudio en la zona norte de Michoacán, conocida como Tres Mezquites, en donde se analizan suelos con propiedades vérticas a lo largo de una catena, con perfiles que representan la diversidad del paisaje: materiales volcánicos en el cerro Los Arcos, el piedemonte con productos retrabajados y la planicie aluvial con influencia de los sedimentos del río Lerma. Por medio de técnicas micromorfológicas, análisis físicos, químicos y mineralogía de la fracción arcilla, se presenta un modelo de evolución de los suelos de la zona. Los resultados muestran que la intensidad de expresión de las propiedades vérticas se tiene en las zonas aledañas al cerro Los Arcos, el cual no solo ha aportado materiales volcánicos en la génesis de los suelos, sino productos de alteración como suelos erosionados de las partes altas y vidrio volcánico. En la cercanía del valle del Lerma, los suelos son más arenosos, lo que impide que se expresen claramente las propiedades vérticas.

CS-3

ESTUDIOS GEOFÍSICOS PRELIMINARES EN EL EXPERIMENTO DE ROTACIÓN DE CULTIVOS DE LARGO PLAZO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL LA ESTANZUELA DE INIA, URUGUAY

Ramos Julián¹, Carraz-Hernández Orlando², Rodríguez-Miranda Willy², Corbo Fernando³, Gamazo Pablo³, Quincke Andrés³, Otero Alvaro⁴ y García Claudio⁴
¹Departamento del Agua, CENUR LN, Universidad de la República, 50000, Uruguay
²Departamento de Geociencias, CUJAE, La Habana, 19390, Cuba
³Centro de Geociencias, UNAM
⁴Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 50000, Uruguay
 jramos@unorte.edu.uy

La agricultura mundial viene enfrentado el desafío constante de aumentar la producción agrícola en respuesta a la creciente demanda de la población (García, E. y Flego, F., 2008). Este aumento de producción, en escenarios donde no se utilizan criterios de sustentabilidad, conlleva a un deterioro del suelo, al aumento de la erosión y a la generación de capas compactas por laboreo, fenómeno que no sólo restringe el crecimiento radicular y la absorción de agua y de nutrientes, sino que además afecta la infiltración del agua de lluvia. Evaluar este último fenómeno, motivó realizar el estudio que se presenta, el cual tuvo lugar en el experimento de rotaciones de largo plazo de la estación de INIA La Estanzuela, Uruguay, experimento que inició en el año 1963. El suelo dominante es Brunosol Eutricto típico. Este suelo tiene textura franco arcillo limosa (29,2 % de arcilla) y con una pendiente moderada de 2-3,5 %. El diseño experimental consiste en bloques completos tomados al azar con tres repeticiones y siete tratamientos que difieren en su intensidad de uso agrícola y sistema de fertilización (21 parcelas en total de 25 m de ancho por 200 m de largo). En el experimento se ha observado que, en asociación a las mayores intensidades de uso, no solamente ocurren pérdidas de materia orgánica del suelo, sino que también ocurren pérdidas de calidad física del suelo y mayor compactación (Rubio y Gama, 2012). Se mostrarán los resultados preliminares que se obtuvieron en dos campañas de adquisición de datos en uno de los bloques de 7 tratamientos, en los que se adquirieron datos de penetrometría y se realizaron transectos con tomografía de resistividad eléctrica 24 electrodos con separación de 0.20 m y georradar con antenas apantalladas de 900 y 500 MHz. Proyecto ANII: FSA_1_2018_1_152903

CS-4 PLÁTICA INVITADA

GIPSIPOLES EN LA CUBIERTA EDÁFICA DE LOS PAISAJES KÁRSTICOS TROPICALES EN CHIAPAS

Sedov Sergey¹, Guillén-Domínguez Karla¹, Golden Charles², Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Rivera-Uria Yazmín¹ y Díaz Jaime¹
¹Instituto de Geología, UNAM
²Department of Anthropology, Brandeis University
 serg_sedov@yahoo.com

El desarrollo edáfico sobre las rocas calcáreas afectadas por karstificación desvía significativamente de la "imagen central" de la pedogénesis zonal. En el transcurso de los estudios edafológicos en el área del sitio arqueológico Budsilja (periodo Clásico Maya), dominada por karst cónico, encontramos una organización de la cubierta edáfica atípica para los ambientes tropicales húmedos. Las montañas calcáreas están cubiertas por los Leptosoles (Rendzinas) con pocos relictos de los suelos rojos arcillosos en las bolsas kársicas y sobre laderas bajas, mientras que en las depresiones se encuentran suelos con acumulación de yeso neoformado en la parte media y superior del perfil. El yeso presente es abundante en forma de concreciones suaves de color blanco, el tamaño de los cristales que conforman estas concreciones aumenta con la profundidad. En las láminas delgadas bajo microscopio petrográfico se observan conjuntos de cristales tabulares euhedrales sin evidencias de disolución o destrucción mecánica. Estos conjuntos están incorporados en la matriz arcillosa con la fábrica de birefringencia estriada. Las muestras de aguas colectadas en el perfil de esos suelos se caracterizan por altos valores de la conductividad eléctrica y dominancia de SO₄²⁻ entre los aniones. Por la cantidad y morfología del yeso secundario permite clasificar estos suelos como Gipsisoles. En proximidad con estos suelos gipsíferos se desarrollan los Gleysoles e Histosoles bajo vegetación pantanosa; esos suelos no contienen yeso, en sus aguas los valores de la conductividad eléctrica son bajas y entre los aniones domina CO₃²⁻. El estudio de difracción de rayos X demostró que la fracción arcilla tiene composición similar tanto en los suelos de las posiciones elevadas como en las depresiones y está conformada por vermiculita dioctahédrica y caolinita. Se concluye que el material arcilloso silicatado de suelos en las depresiones proviene en gran medida del material edáfico de las partes elevadas, movilizado y redepositado por erosión. La abundancia de yeso pedogénico en las depresiones presenta un rasgo enigmático. En general la acumulación del yeso secundario y desarrollo de los Gipsisoles es típico para las zonas áridas y poco probable para una región tropical húmeda. Al principio se supuso que el yeso era componente relicto, natural – una herencia del periodo árido del pasado, o antrópico – traído por los mayas. Sin embargo, la abundancia de los cristales bien formados sin evidencias de disolución y destrucción indican su formación reciente. Se supone que la síntesis de yeso en las posiciones hidromórficas está relacionada con un aporte de azufre de las rocas regionales que contienen sulfatos y sulfuros y que se controla por los procesos de oxidación-reducción. A pesar de la abundancia de yeso y los altos valores de conductividad eléctrica en los Gipsisoles, no se observa que tengan un efecto negativo en el desarrollo

de la cubierta vegetal sobre esos suelos. Finalmente, en el paisaje cultural de la época Clásica Maya las depresiones planas se utilizaron para agricultura, mientras que las montañas calcáreas fueron ocupadas por los asentamientos. El estudio está apoyado por el proyecto PAPIIT IN105819

CS-5 CARTEL

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN SUELOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIERRA GORDA, QUERÉTARO

Marín Castro Beatriz¹, García Calderón Norma Eugenia¹, Fuentes

Romero Elizabeth¹, Velázquez Rosas Noé² y Suárez Paola³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UMDI-Facultad de Ciencias Campus Juriquilla

²Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana

³Universidad Autónoma de Querétaro

beatriz.marin@gmail.com

Los bosques mesófilos de montaña (BMM) son reconocidos además de por su diversidad vegetal, por la capacidad que tienen para infiltrar, conducir y almacenar agua. Los BMM representan un ecosistema altamente vulnerable, no solo por su limitada distribución en México (cerca del 1% de las montañas húmedas) sino también por la acelerada transformación de su uso de suelo. Dentro de México, la distribución más norteña de este ecosistema se encuentra resguardada en la reserva de la biosfera El Cielo en Tamaulipas y la reserva de la biosfera Sierra Gorda. En el Estado de Querétaro la reserva de la biosfera (RBSGQro) es parte del Carso Huasteco y se encuentra al noreste del estado, donde ocupa una tercera parte de la superficie, siendo en esta última donde los BMM abarcan el 0.5%, (aproximadamente 54 km²). Los BMM de Sierra Gorda constituye un macizo montañoso amplio a lo largo del estado de Querétaro que ha beneficiado con importantes servicios hídricos montaña abajo. Sin embargo, no sabemos cómo el aprovechamiento y transformación de este ecosistema modifica la capacidad de infiltrar y almacenar agua de estos bosques y hace vulnerable los servicios hídricos que prestan sus cuencas. En este estudio describimos las principales propiedades hidráulicas del suelo en áreas de diferentes etapas de transformación vegetal dentro del BMM de la RBSG. Usando la capacidad de Infiltración (I) y la conductividad hidráulica saturada de campo (Kfs), evaluamos cuatro sitios de mayor a menor grado de transformación, un agostadero, un acahual, un bosque secundario en San Francisco y un bosque secundario en Valle Verde. Lo que encontramos fue que los suelos con una mayor cubierta forestal presentan una mayor capacidad para infiltrar y conducir agua. El agostadero presentó la Kfs menor con un valor promedio de 92.3 mm·h (± 196.9 mm·h), el acahual de 406 mm·h (±456 mm·h), el bosque de San Francisco 562.8 (± 670.5 mm·h) y el bosque de Valle Verde un promedio de 1523 mm·h (± 1286.9 mm·h). Concluimos que los bosques secundarios de la RBSG sobresalen de ecosistemas más transformados (agostadero y acahual) en sus propiedades hidrofísicas mostrando que aun los bosques secundarios de mediana transformación ofrecen servicios ecosistémicos hídricos valiosos. Además, la Kfs demostró ser una variable sensible a las perturbaciones del suelo y se recomienda como una importante medida a considerar cuando se realiza la caracterización edafocológica y el estado de perturbación de un ecosistema transformado. Este trabajo es financiado por el proyecto PAPIIT IN123120 y por la beca para retención 2019-1 CONACYT.

Sesión regular

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA

Organizadores:

Erika Danaé López Espinoza
Luis Felipe Pineda Martínez

CCA-1

DATOS DEL GHRSSST EN LA DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD CICLÓNICA EN EL OCEANO ATLÁNTICO

Ramos Rodríguez José Alejandro¹, González Rodríguez Eduardo², Romero Vadillo Eleonora¹ y Saldívar-Lucio Romeo³

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur

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

Usando los datos del GHRSSST se describen las condiciones de la temperatura superficial del mar para la actividad ciclónica registrada por el Centro Nacional de Huracanes de la NOAA en el océano Atlántico para el periodo 1982-2019. El análisis comprendió el registro de la temperatura superficial de la mar derivada del GHRSSST en los siguientes casos: a) punto de origen del evento; b) a lo largo de la trayectoria; c) en el punto final, y d) en caso de tocar tierra se registró la temperatura y las coordenadas. Los resultados indican que, en el Atlántico, considerando todas las categorías a partir de depresión tropical hasta huracán categoría 5, se registraron un total de 575 eventos en toda la cuenca para el periodo. Estos se han presentado en un rango promedio desde los 14 hasta los 31°C. Además, cada categoría ciclónica posee un intervalo de temperatura durante su periodo de ocurrencia la cual se describe a detalle. Al discriminar la actividad ciclónica por intervalos de temperatura media, se observa que la mayor actividad se encuentra entre los 26-28°C, con 205 eventos (35.6%); seguido por los 28-30°C, con 169 eventos (29.4%). El inicio se suscita mayormente a temperaturas alrededor de los 27.5°C (rango 11-31°C), mientras que el final de los eventos ocurre entre los 4 a 29°C, con diferencias de inicio a final que van desde los +4 a -27°C. Al momento de tocar tierra, la temperatura se encuentra mayormente entre los 26 a 29°, con un rango de 2 a 30°C. Estos rangos tan amplios tienen su explicación en cuanto a la aparición de ciclones extra-tropicales. La utilidad de los datos del GHRSSST se discute con respecto a su aplicación para la descripción de la actividad ciclónica.

CCA-2

VARIABILIDAD DE LOS NÚCLEOS DE GLACIACIÓN EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO ATMOSFÉRICO ALTZOMONI: CAPA LÍMITE VS. TROPÓSFERA LIBRE

Rodríguez Gómez Camila¹, Miranda Javier², Álvarez-Ospina Harry³, Carabali Giovanni⁴, Binimelis Raga Graciela¹, Cabrera Diego¹, Villanueva José¹, Rosas Irma¹, Salcedo Dara¹, Grutter Michel¹ y Ladino Luis A.¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México

³Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
camila.rodriguez@atmosfera.unam.mx

La megalópolis de la Zona Metropolitana del Valle de México (MZMVM) es una de las ciudades más pobladas de Norte América y, al igual que otras ciudades del mundo, sus patrones de precipitación están cambiando. Las nubes de fase mixta son un aspecto fundamental del ciclo hidrológico ya que éstas proveen la mayoría de la precipitación en los continentes. Estas nubes contienen cristales de hielo y gotitas de agua superenfriadas, formados por la presencia de núcleos de glaciación (INPs) y núcleos de condensación de nubes, respectivamente. Por lo tanto, es importante entender la variabilidad, composición, y las fuentes de los INPs en la MZMVM para mejorar nuestro entendimiento sobre la formación de nubes y el desarrollo de precipitación. La estación de monitoreo atmosférico en Altzomoni (~4,000 m s.n.m. y 50 km ESE de la Ciudad de México) está expuesta a la capa límite de la MZMVM al igual que a la tropósfera libre. Se recolectaron muestras de aerosol entre Abril de 2019 y Febrero de 2020 en diferentes condiciones, e.g. frentes fríos, quema de biomasa, sequía de medio verano y lluvias. Se analizó la concentración, distribución por tamaños, composición química, y morfología de las partículas de aerosol, además de la concentración de INPs en las muestras recolectadas. Se encontró que la composición química y elemental del aerosol es significativamente diferente entre los distintos periodos de muestreo. Como era de esperarse, la menor concentración de partículas se presentó en la estación lluviosa, mientras que la más alta concentración de partículas fue medida en las épocas de quema de biomasa. La concentración promedio de INPs para todas las estaciones varía entre 0.1 L⁻¹ (-15°C) y 20 L⁻¹ (-30°C), con concentraciones mayores medidas en las muestras tomadas dentro de la capa límite, a temperaturas superiores a -15°C. Nuestros resultados indican que las partículas de aerosol emitidas por la MZMVM tienen el potencial de ser eficientes núcleos de glaciación para la formación de cristales de hielo en nubes de fase mixta.

CCA-3

ESTIMACIÓN DE LA REFLECTIVIDAD DEL RADAR METEOROLÓGICO CON BASE EN LAS PROPIEDADES MICROFÍSICAS DE LA PRECIPITACIÓN EN JURIQUELLA, QUERÉTARO

Pretelín Ramos José Daniel, Montero-Martínez Guillermo y García García Fernando
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
dpretelin@atmosfera.unam.mx

La distribución por tamaños de gotas de lluvia (DSD, por sus siglas en inglés), definida como el número de gotas por unidad de intervalo de tamaño por unidad de volumen de aire, permite obtener parámetros involucrados en una amplia lista de aplicaciones en la microfísica de la precipitación y la percepción remota de la misma. Un ejemplo es la estimación de la intensidad de la precipitación (R) usando radares meteorológicos. En particular, la reflectividad del radar meteorológico (Z), definida como la energía de las ondas electromagnéticas emitidas por el radar que es retrodispersada por las partículas de precipitación, puede ser estimada utilizando el sexto momento de la DSD. La estimación de R a partir de Z es posible ya que ambos parámetros son funciones de la DSD. Dicha estimación se establece mediante una ley de potencias de la forma: $Z [mm^6 m^{-3}] = aR^b$, con R en mm h⁻¹ y a y b son constantes empíricas que dependen de los procesos microfísicos que originan la precipitación en el lugar donde esta se desarrolla, específicamente, del régimen de precipitación del que se trate, ya sea lluvia convectiva, estratiforme u orográfica. Las DSD pueden obtenerse a partir de los datos registrados con diversos instrumentos tales como disrómetros ópticos, los cuales cuentan la cantidad de gotas y miden sus tamaños y velocidades de caída. El observatorio atmosférico de Juriqueilla, Querétaro (20.7°N, 100.4°O, 1945 m s.n.m), perteneciente a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuenta con un disrómetro óptico (modelo Campbell PWS100) que detecta la dispersión de luz de partículas de precipitación que pasan por el volumen de muestreo, permitiendo obtener información sobre los tamaños, velocidades de caída y estado de fase de las partículas registradas. Asimismo, el observatorio cuenta con un pluviómetro tipo balancín modelo Texas TR-525M. En este trabajo se presenta la validación de los datos del PWS100 a partir de la comparación de mediciones simultáneas de precipitación usando los datos del pluviómetro. Además, usando los datos del PWS100, se muestran las DSD para cada evento con una resolución temporal de 5 minutos (periodo de muestreo típico en radares meteorológicos) para posteriormente estimar Z usando el método de momentos de las DSD. Finalmente, se obtendrán las primeras estimaciones de las relaciones Z-R, las cuales podrán compararse con los valores de reflectividad medidos por el radar meteorológico de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro, el cual detecta las tormentas que ocurren en los estados de Querétaro y Guanajuato, principalmente.

CCA-4

ESTUDIO DE LAS PARAMETRIZACIONES GAMMA PARA LAS DISTRIBUCIONES POR TAMAÑOS DE GOTAS EN MÉXICO

Montero-Martínez Guillermo¹, Gómez Balvás Sheccid Sara² y García García Fernando¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

gmontero@atmosfera.unam.mx

La precipitación es un proceso clave en el ciclo hidrológico, por lo que el conocimiento y la comprensión de sus procesos de formación y evolución son de suma importancia. Desde la década pasada se han realizado y presentado mediciones microfísicas de la precipitación ocurrida en el campus de la UNAM, en la zona suroeste de la cuenca de México. En este estudio se presenta un análisis de datos microfísicos y distribuciones por tamaños de gotas de lluvia (DSD) recolectados con sensores de tiempo presente PWS100 en otros lugares de México. El objetivo de este trabajo es, como un primer paso, contrastar las características microfísicas de la precipitación en diversos sitios de México a fin de caracterizar la lluvia en diferentes ambientes y temporadas del año. Los datos microfísicos mostraron una buena correspondencia con las observaciones obtenidas con pluviómetros instalados junto a los dispositivos ópticos. Una variable esencial para la obtención de los parámetros de la distribución Gamma es el diámetro medio ponderado por masa, el cual se supone muy similar a la mediana del diámetro volumétrico (que divide en dos partes iguales el contenido de agua de la distribución). Los resultados obtenidos muestran que ambas variables son, en efecto, muy similares, pero existe una tendencia a estimar valores más altos para el caso de la mediana del diámetro volumétrico con respecto al diámetro medio ponderado por masa. Una comparación de las estimaciones de agua acumulada, usada para evaluar la eficiencia de cuatro métodos que utilizan momentos de la DSD observada para el ajuste de su parametrización, revela que el esquema con los momentos segundo, cuarto y sexto tiene un mejor rendimiento (al mostrar el valor RMSE más bajo) y que con él se obtienen los resultados más cercanos a los de la parametrización Gamma normalizada. Del estudio también se concluye que los valores de los parámetros de la distribución Gamma disminuyen a medida que aumenta la intensidad de precipitación y la lluvia pasa de intensa a muy ligera. El comportamiento opuesto se observa para la mediana del diámetro volumétrico. Estos resultados revelan que es necesaria una investigación continua para refinar las tendencias de los parámetros de la DSD con intensidad de lluvia o tipo de lluvia, y

para mejorar nuestro conocimiento de los procesos de formación de la precipitación pluvial en diferentes regiones del país.

CCA-5

DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA DE LLUVIA MEDIANTE PARAMETRIZACIONES DE ESPECTROS DE GOTAS

García-Loginova Vladimir, García García Fernando y Montero-Martínez Guillermo
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
vladfc@ciencias.unam.mx

La erosión es el proceso de degradación de la superficie terrestre debida a la lluvia y otros factores ambientales, y puede describirse mediante índices como la energía cinética de la lluvia. Con el objetivo de determinar este parámetro, se utilizaron datos de disdrómetros ópticos instalados en cuatro de los observatorios de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos: Chamela, Los Tuxtlas, Juriquilla y Ciudad Universitaria. Estos instrumentos tienen la capacidad de medir no sólo los tamaños de gotas de lluvia individuales, sino también sus velocidades de caída durante eventos de precipitación. Los datos microfísicos fueron utilizados para obtener las distribuciones por tamaños (diámetros) de gotas de lluvia, las cuales fueron parametrizadas mediante una función Gamma. Se observó también que las velocidades de caída de gotas de lluvia individuales medidas con los disdrómetros concuerdan con las estimaciones teóricas y que los valores promedio de las velocidades de caída en los sitios de muestreo localizados en el Altiplano (altitudes medias y altas) son mayores que en los cercanos a las zonas costeras (altitudes bajas). Las parametrizaciones de los espectros de gotas y de las velocidades de caída así obtenidas fueron usadas para calcular la energía cinética de eventos de lluvia en cada sitio. En este trabajo, se presentarán los resultados obtenidos y se compararán con parametrizaciones semi-empíricas de la energía cinética utilizadas comúnmente.

CCA-6

FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LA FORMACIÓN DE NIEBLA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

González Viveros Pohema de Jesús¹, Caetano Ernesto² y García García Fernando³
¹Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geografía, UNAM
³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
pj.gv03@gmail.com

Los informes METAR del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) para el periodo entre 1999 y 2018 muestran 413 días con reporte de niebla observada en el sitio. De éstos, se estima que el 23% retrasaron las operaciones del AICM debido a la reducción de visibilidad para las actividades de despegue o aterrizaje. En el presente estudio se investigaron los patrones sinópticos que determinan la formación de la niebla en la región de la Cuenca de México y que aportan información para la comprensión de la formación, duración y disipación del fenómeno. Con estos resultados, se precisó la clasificación del tipo de niebla para su modelación con el Weather Research and Forecasting Model (WRF). Se presentan los resultados de dicha modelación utilizando el modelo WRF con una configuración probada anteriormente para el pronóstico de niebla en la región, la cual se basa en el tipo de niebla y las parametrizaciones microfísicas y de capa límite planetaria. Se observó que los frentes fríos son una importante fuente de humedad para la formación de los eventos de niebla que retrasan las operaciones del aeropuerto. Con esta información, se establecieron los fundamentos para un sistema de alerta temprana para la formación de niebla en el AICM.

CCA-7

ANÁLISIS DE PATRONES DE VIENTOS BASADOS EN UNA CLIMATOLOGÍA DESCRIPTIVA PARA EL NORTE DE MÉXICO

Pineda Martínez Luis Felipe¹, Brito Castillo Luis², Rodríguez González Baudelio³, Escalona Alcázar Felipe de Jesús¹, Bluhm Gutierrez Jorge¹, Aguilar Ortega Francisco¹ y Dzul García Oscar¹
¹Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ
²CIBNOR
lpineda@uaz.edu.mx

La variación estacional e interanual de los vientos en la región del altiplano en México está gobernada por circulaciones de escala planetaria y de mesoescala, así como por factores locales. En este trabajo presentamos un análisis de la circulación de los vientos en el norte de México, haciendo énfasis en la región del altiplano y las zonas altas del centro del país con alto potencial eólico. Nos enfocamos en los efectos de las temperaturas superficiales, sus tendencias y cambios sobre los patrones de viento a niveles sinóptico, regional y local. También buscamos conocer cómo han cambiado esos patrones durante los últimos años en relación a los picos máximo y mínimos (debilitamiento) diurno y estacional de los vientos. Para este trabajo se

aplicó un análisis clúster y de componentes principales de las series de tiempo de ERA5 para datos de viento, temperatura y presión en la región del norte de México. Los resultados preliminares muestran una intensificación de los vientos durante los meses de invierno y hacia la transición al verano en los meses de abril y mayo. Esto también tiene asociado un patrón de variación diurna, es decir los ciclos estacionales de máxima velocidad del viento diarios. Las variaciones interanuales podrían tener un patrón asociado a índices climáticos globales como ENSO PDO y AMO. Los patrones en tendencias de viento de acuerdo a nuestro planteamiento podrían estar relacionadas con variaciones globales de la temperatura superficial de aire, así como con factores regionales del clima.

CCA-8

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DEL PWV DURANTE LA CONVECCIÓN EN LAS ZONAS TROPICALES COSTERAS Y CONTINENTALES

González García María Isabel¹, Adams David¹, Lintner Benjamin R.² y Monteiro da Silva Ludmila³
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Rutgers, The State University of New Jersey
³Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil
marysabela15@gmail.com

El vapor de agua precipitable es una variable crítica en los trópicos y sus cambios unidos a la estructura vertical de la humedad, influyen de forma significativa en la precipitación convectiva en estas regiones del planeta. En este trabajo se analiza tanto la cantidad de vapor de agua en la columna como su estructura vertical y como influye la misma en la evolución de la convección en los trópicos, específicamente sobre algunas zonas costeras y continentales de México y Brasil. A partir de los datos de temperatura de tope de nube del satélite GOES-R se pudieron determinar los días convectivos y los no convectivos en dependencia del umbral de la temperatura en cada sitio de interés. El empleo de los datos de sondeos meteorológicos y de los datos del Reanálisis de ERA5 posibilitaron estudiar la estructura vertical del vapor de agua en la región de Yucatán en México y Belén y Manaus en Brasil. De igual forma, el uso de ambas bases de datos posibilitó analizar la cantidad y el perfil vertical de la humedad en los días convectivos en relación con los días no convectivos en estas regiones. Así como estudiar la estructura vertical de la humedad en las zonas tropicales costeras (Yucatán, Belén) y en las continentales (Manaus). A partir de este análisis se puede esperar que la estructura vertical de la humedad en las regiones antes mencionadas muestre un comportamiento diferente durante los días convectivos y los días no convectivos, así como sobre las zonas costeras y las continentales. Este trabajo pretende dar un nuevo punto de vista a la relación entre la estructura vertical del vapor de agua y la evolución de la convección en las zonas tropicales continentales y costeras.

CCA-9

PRECIPITATION VARIABILITY AND INTERMITTENCY OVER SOUTHWESTERN MEXICO

Morales Annareli y Prein Andreas
National Center for Atmospheric Research, NCAR
amorales@ucar.edu

During the rainy season of May through October, central and southern Mexico can experience a bimodal precipitation distribution where the precipitation minimum is described as the midsummer drought (MSD) or la canícula. The intensity and duration of the MSD can vary spatially, and has been found to decrease precipitation amounts by up to 40%. Local farmers rely on summer rainfall to water their crops, thus changes to the precipitation onset, duration, and amount can have an impact on their livelihoods. Additionally, changes in precipitation frequency and intensity throughout the rainy season may impact flooding hazards, e.g., short bursts of intense rainfall and long duration light rainfall can produce similar precipitation amounts, but have different flood risks. This work uses the CMORPH merged-satellite dataset with high temporal and spatial resolution to explore the interannual variability of precipitation onset and duration, differences in seasonal precipitation intermittency, as well as the variability of MSD characteristics over southwestern Mexico. This study particularly focuses on the state of Guerrero where complex topographical features and proximity to the Pacific Ocean may impact local precipitation patterns and the diurnal cycle.

CCA-10

EFFECTOS EN LA PRECIPITACIÓN GENERADOS POR LA PRESENCIA DE LA OSCILACION DEL SUR EN LA REPÚBLICA MEXICANA MEDIANTE LAS PLATAFORMAS SATELITALES TRMM-GPM

Zarraluqui Víctor y Adams David
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
vzs1@atmosfera.unam.mx

Por su ubicación geográfica, la República Mexicana está sujeta a diferentes fenómenos y sistemas que alteran los patrones normales del clima. Uno de ellos, es El Niño-Oscilación del Sur que en su fase caliente es conocido como el Niño y

en su fase fría como la Niña. Su importancia radica, entre otras, por los efectos que genera al modificar los patrones de precipitación que unidos a otros mecanismos asociados, resultan en anomalías que se traducen en sequías o inundaciones. Este fenómeno ampliamente estudiado a lo largo del tiempo y desde diferentes enfoques adolece de la falta de datos confiables y completos, por lo que aunque la red de estaciones del S.M.N. es muy amplia no alcanza a cubrir la totalidad del territorio, en particular las zonas montañosas. En este trabajo se lleva a cabo un análisis "espacio – temporal" para determinar las regiones y periodos en los que se reflejan las anomalías, tomando como referencia el índice ENOS multivariado y usando los datos proporcionados por las plataformas satelitales TRMM y su sustituto GPM. Para ello se construyó una base de datos de precipitación (1998-2020), utilizando los productos 3B42 (precipitación acumulada cada 3 horas) y 3B43 (precipitación mensual) de ambas plataformas, los cuales tienen una resolución de 0.25°. Esta fue validada con los datos de GPCC, CMORPH y CLICOM. Al mismo tiempo se evaluó el acoplamiento de los datos de ambas plataformas para detectar posibles diferencias en la estimación. Esto permitió elaborar una climatología para los diferentes periodos (mensual, estacional y anual) con las que mediante la aplicación de pruebas para análisis estadístico fue posible detectar y regionalizar anomalías en los diferentes periodos, así como establecer posibles tendencias. Cabe señalar que el análisis de tendencias se realizó en base a los periodos húmedo y seco, aplicando la prueba estadística de Mann-Kendall para dicho propósito. Los resultados obtenidos coinciden en cuanto al comportamiento de la precipitación se refiere, con las regiones descritas en la literatura por diversos autores, a excepción de la Península de Yucatán en donde no se detectó una influencia clara del fenómeno. Dada la resolución y cobertura se logró una mayor precisión en la definición de las regiones, periodos, así como en la variación cuantitativa de la precipitación. Así mismo, aunque la variabilidad de la precipitación es debida a varios factores que contribuyen en diferentes proporciones, el tipo análisis realizado ayuda a definir la que corresponde a este fenómeno, elimina los errores humanos y cubre todo el territorio obteniendo una mayor precisión sobre las regiones influenciadas. Por último, no se encontró alguna diferencia que no permitiera el acoplamiento de los datos de ambas plataformas en una misma base.

CCA-11

VARIACIÓN MENSUAL DE PRECIPITACIÓN EN MÉXICO ASOCIADA A LOS ÍNDICES ENO Y PDO COMBINADOS

Mendoza Uribe Indalecio
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
indalecio_mendoza@tlaloc.imta.mx

En este trabajo se analiza la variación mensual de precipitación en México asociada a los índices El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) de forma combinada en términos del Índice Estandarizado de Precipitación. Los resultados demostraron que cuando estos índices presentan una misma señal, en dirección e intensidad, el déficit o superávit de precipitación mensual se intensifican en comparación con la influencia de uno solo de los índices. Durante la fase cálida de ambos índices, ENOS y PDO, se presentaron las anomalías más significativas en los regímenes de precipitación, predominantemente condiciones húmedas durante el invierno, pero principalmente el mes de marzo, donde las condiciones húmedas ocurren más intensamente en todo el país. Por otro lado, durante el verano se acentúan las sequías, principalmente en el mes de agosto, que presenta los valores de sequía más altos a nivel nacional. Mientras que, en la fase fría de ambos índices, el mes de julio presenta condiciones húmedas en la mayor parte del país, principalmente en los estados costeros del Golfo de México; desde el mes de agosto hasta febrero, predominan las condiciones ligeramente secas en el norte del país y las condiciones húmedas en la región sureste y central.

CCA-12

UN ESTUDIO CLIMATOLÓGICO DE SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA DURANTE EL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA: MORFOLOGÍA, DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

Ramos Pérez Omar¹, Ochoa Moya Carlos², Quintanar I. Arturo² y Adams David³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²CCA, UNAM
omar.ramos@atmosfera.unam.mx

El Monzón de Norteamérica (NAM, por sus siglas en inglés) es un fenómeno meteorológico que domina la circulación y el tiempo meteorológico en la región del Noroeste de México y el Suroeste de Estados Unidos. El NAM suele ocurrir durante el verano (desde mediados de junio hasta mediados de septiembre) y está asociado con un incremento en la precipitación resultado de la actividad convectiva. En algunas ocasiones ésta crece de escala dando como resultado un sistema organizado con un ciclo de vida duradero (decenas de horas hasta un día) y de gran tamaño (~100km en longitud) en comparación con una tormenta aislada llamado Sistema Convectivo de Mesoescala (MCS por sus siglas en inglés). Los MCSs son muy importantes para la precipitación durante el NAM ya que suelen aportar hasta el 70% de la precipitación en la región del Noroeste de México. En el presente trabajo se abordará la distribución espacial y temporal así como la morfología/forma de los MCSs durante un periodo de más de 20 años (1995-2017) y para ello se utilizarán

datos del canal infrarrojo (4x4 km y con una resolución temporal de 15 minutos) obtenidas por el Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental (GOES por sus siglas en inglés). En este estudio un MCS se define como aquel sistema que tiene una Temperatura del Tope de Nube (CTT # 221 K) y un área (# 5 000 km²). En cuanto a su forma un MCS se considera circular y elongado cuando su excentricidad es menor y mayor que 0.3, respectivamente. Los resultados muestran que existe una gran variabilidad temporal (año con año) en la ocurrencia de los MCSs, siendo 2000 el verano más activo (> 90 Eventos) y 1995 con la menor ocurrencia (45 MCSs). Como era de esperarse los meses más activos son julio y agosto cuando el NAM domina la circulación atmosférica en comparación con los meses de junio y septiembre. En cuanto a su distribución espacial, los resultados muestran dos regiones relativamente activas: 1) La región sur del NAM (Sinaloa y el sur de Sonora) y 2) A lo largo de la Sierra Madre Occidental (SMO). En ambas regiones la mayoría de los MCSs suelen tener una forma elongada, suelen iniciar durante la tarde (12-18 LT) y suelen dirigirse hacia el Oeste ya sea hacia la costa del Golfo de California o de forma paralela a la SMO. El mecanismo que favorece la propagación de los MCSs y las condiciones de la atmósfera según la morfología de estos sistemas (Circular y Elongada) están siendo investigadas.

CCA-13

DECREASING LINK BETWEEN ENO AND THE INTERANNUAL VARIABILITY OF THE NORTH AMERICAN MONSOON

Reyes Vallejo Juan Carlos y Turrent Thomson Cuahutémoc
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
reyesvj@cicese.edu.mx

The North American Monsoon (NAM) onset occurs on average during the second half of June. It is hypothesized that prior to monsoon onset the land-sea thermal contrast (LSTC) modulates the surface pressure gradient along the Gulf of California, which in turn is responsible for most of the moisture advected into the NAM core region during the early stages of the monsoon season. Moisture Flux Convergence (MFC), LSTC, and precipitation indices have been used to measure the strength of the NAM onset. Previous works have documented a statistically significant relationship between the NAM onset intensity and the El Niño South Oscillation (ENSO) phenomenon. Here we show a weakening of that relationship during recent years, indicating that ENSO has decreased its influence on the NAM. Calculations were performed with the ERA5 reanalysis dataset, as well as the Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station (CHIRPS) precipitation data. Field significance was evaluated through Monte Carlo techniques as described by Livezey and Chen (1982).

CCA-14 PLÁTICA INVITADA

CAMBIOS EN LOS NIVELES ATMOSFÉRICOS DE CONTAMINANTES CRITERIO EN LA CIUDAD DE MÉXICO DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19

Hernández Paniagua Iván Yassmany¹, Valdez S. Iván², Almanza Víctor¹, Rivera Cárdenas Claudia¹, Grutter Michel¹, García Reynoso Agustín¹ y Ruíz Suárez Luis G.³
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²CONAYCT-Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial
³Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
ivan.hernandez@atmosfera.unam.mx

Las medidas de distanciamiento social implementadas en México para contener la pandemia de COVID-19 incluyeron la prohibición de todas las actividades antropogénicas no esenciales. Para identificar cambios en los niveles atmosféricos de CO, NO₂, O₃, SO₂, PM₁₀ and PM_{2.5} resultantes de las medidas implementadas en las Fases 2 y 3 de la pandemia, se analizaron observaciones de dichos contaminantes en seis sitios representativos de diferentes ambientes de la Ciudad de México. Los efectos de la tendencia monótona y estacionalidad se minimizaron calculando anomalías horarias de todos los contaminantes en las Fases 2 y 3 con series de Fourier calibradas de 2016 a 2019. También se excluyeron del análisis los días con condiciones de estancamiento y alta precipitación. Los cambios en los niveles de contaminantes se determinaron analizando para cada uno, el ciclo diario y la anomalía promedio con base en los mismos periodos de 2016 a 2019. Se observaron disminuciones significativas (p < 0.05) de los ciclos diarios normalizados de todos los contaminantes en todos los sitios en ambas fases, excluyendo PM₁₀ en la Fase 2 y O₃ en ambas fases. Dichas disminuciones coinciden con los valores máximos de probabilidad observados en ambas fases para cada contaminante. Las anomalías promedio de las fases de pandemia 2 y 3 muestran disminuciones significativas (p < 0.05) en los niveles de NO₂, PM₁₀ y SO₂ durante la Fase 2 y de todos los contaminantes en la Fase 3, exceptuando O₃ en ambas fases. Los resultados obtenidos sugieren menores emisiones de NO₂, PM₁₀ y SO₂ en ambas fases de la pandemia en la Ciudad de México en comparación con el periodo de 2016 a 2019, causadas probablemente por las medidas de distanciamiento social implementadas, mientras que las emisiones de CO y PM_{2.5} sólo disminuyeron en la Fase 3. Finalmente, los cambios observados para O₃ sugieren que la disminución de emisiones de precursores contribuyó a incrementos en sus niveles atmosféricos en ambas fases de la pandemia debido a su producción no lineal.

CCA-15

VARIACIÓN DEL POTENCIAL DE CALOR QUE PROPICIÓ EL RECORRIDO DEL HURACÁN "HANNA" POR LA PARTE BOREAL DEL GOLFO DE MÉXICO DEL 22 AL 30 DE JULIO DE 2020

Gómez Mario
Universidad Veracruzana, UV
mariogomez@uv.mx

En esta investigación se llevó a cabo un análisis diario de la variación del potencial de calor que tuvieron las aguas marinas del golfo de México con base a la trayectoria que desarrolló el huracán "Hanna", a través de la interpretación cartográfica con una cobertura del 22 al 30 de julio de 2020. El huracán "Hanna" fue el octavo fenómeno marino de la temporada de ciclones tropicales 2020 en el océano Atlántico. Se formó el 22 de julio por la noche, como depresión tropical en aguas cálidas septentrionales del Golfo de México, al occidente de la línea costanera de la península de la Florida, E.U.A en las coordenadas de 25.9° latitud norte y 88.2° longitud oeste, registró vientos de 46 km/h y una presión atmosférica de 1009 milibares y un contenido de calor del océano superior (UOHC) de 50 kJ cm⁻² y al avanzar al oeste entró a una zona de 60 kJ cm⁻². Así continuó su trayectoria hasta el día 24; el día 25 incursionó a una zona de 50 kJ cm⁻² muy cercano a la costa y se perfiló al litoral texano e impactó en tierra en isla del Padre a las 17 horas local como huracán categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson en las coordenadas de 26.8° latitud norte y 97.4° longitud oeste, registró vientos de 150 km/h y una presión atmosférica de 973 milibares. En los cinco días posteriores de entrar a la parte continental el fenómeno marino, se reflejó una disminución en el potencial de calor que se extendió frente al litoral de la zona de impacto hasta 40 kJ cm⁻². Este comportamiento, es una respuesta a la energía que consumió "Hanna" en su recorrido por el norte del Golfo de México.

CCA-16

PARTÍCULAS ULTRAFINAS EN EL CARIBE OCCIDENTAL: PRIMER CASO DE ESTUDIO EN MÉRIDA

Muñoz-Salazar Joshua I.¹, Binimelis Raga Graciela², Yakobi-Hancock Jaqueline³, Sung Kim Jong³, Rosas Daniel⁴, Caudillo Lucía⁵, Álvarez-Ospina Harry¹ y Ladino Luis A.²

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Department of Community Health and Epidemiology, Dalhousie University

⁴Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán

⁵Institute for Atmospheric and Environmental Sciences, Goethe University Frankfurt
joshuamunoz@ciencias.unam.mx

La contaminación del aire es una de las principales preocupaciones de la Organización Mundial de la Salud, ya que puede causar una gran variedad de problemas graves de salud y, en casos extremos, puede provocar muertes prematuras. Se ha identificado que las partículas de aerosol pueden provocar enfermedades respiratorias y cardiovasculares en habitantes de regiones contaminadas, dependiendo de su tamaño y de su composición. Aunque se ha encontrado que las partículas de aerosol finas (i.e., aquellas con diámetro (d) < 2.5 µm) pueden llegar a los pulmones y el torrente sanguíneo, sus efectos agudos están relacionados con la fracción de partículas de aerosol ultrafinas (i.e., PUF, d < 0.1 µm). En el presente estudio se monitoreó la concentración de PUFs en Mérida, Yucatán entre abril de 2017 y julio de 2018. Además, se midió la concentración de partículas de aerosol totales (d > 0.03), PM10, PM2.5, gases criterio, y variables meteorológicas. La concentración promedio de PUFs durante el periodo de muestreo fue de 2,070 ± 1,831 cm⁻³ con concentraciones máximas de hasta 55,117 cm⁻³. Se encontró que el perfil diario promedio de PUFs es bimodal, con concentraciones máximas observadas alrededor de las 07:00 y 20:00 h. La correlación entre las PUFs y otras variables medidas sugiere que los picos de PUFs observados durante la mañana y la noche son originados a partir de partículas primarias de combustión vehicular. En contraste, ocasionalmente se observaron altas concentraciones atípicas alrededor del mediodía, las cuales probablemente son de origen secundario y el resultado de formación de nuevas partículas promovida por reacciones fotoquímicas. En general, las PUFs son las principales contribuyentes a la concentración total de partículas de aerosol, con una aparente contribución importante a los niveles de PM2.5 en Mérida durante la mañana y con claras fuentes antropogénicas.

CCA-17

SISTEMAS LINEALES POSITIVOS Y LA ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD EN EMISIONES INSTANTÁNEAS SUCESIVAS

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

En este trabajo el problema a tratar consiste en la recuperación de la tasa de emisión de una fuente contaminante desconocida a partir de los datos de la concentración de un contaminante (series de tiempo) en algunos sitios de monitoreo. La solución de este problema inverso permite estimar y verificar inventarios de emisiones de diversas sustancias tóxicas de origen químico o biológico, así como

para detectar la intensidad de fuentes desconocidas que emiten contaminantes accidentalmente, dicha información es relevante para la estimación del impacto ambiental regional de sustancias nocivas [2]. En el análisis inicial se describen las características algebraicas de los sistemas lineales definidos positivos [3], y se explica la relación de estos sistemas con la formulación de un problema inverso particular: la estimación de la intensidad de las emisiones instantáneas sucesivas desde una fuente contaminante. En este caso, la solución del sistema lineal se expresa en términos de los valores y vectores propios de la matriz del sistema [3], lo cual permite realizar un análisis de sensibilidad y proponer una regularización del problema inverso (regularización de Tijonov). Dicha regularización se puede considerar como un proceso de minimización o como la introducción de una pequeña perturbación en la matriz del sistema con el fin de hacer el sistema lineal más robusto [1]. En la formulación del problema inverso se utilizan las soluciones de un modelo de dispersión cuando el forzamiento es un impulso unitario. Dichas funciones se calculan eficientemente utilizando las soluciones adjuntas o de influencia [4-5]. Además, los datos requeridos en esta formulación constituyen una serie de tiempo de la concentración del contaminante en un sitio de monitoreo. La matriz del sistema lineal por resolver se construye a través del producto interior de las funciones solución del modelo de dispersión (matriz de Gram). El lado derecho del sistema se forma con los productos de tales soluciones con los datos. La solución del sistema lineal regularizado representa la intensidad de las emisiones instantáneas sucesivas. Este método de solución es una generalización del problema analizado en [4], donde se considera un solo "puff" o emisión instantánea. Al final del trabajo se presentan ejemplos numéricos sintéticos para mostrar el desempeño de la técnica. Referencias [1] Aster R. C., Borchers B. and Thurber C. H. Parameter Estimation and Inverse Problems. Boston: Academic Press; 2013. [2] Enting, I. G., Inverse problems in atmospheric constituent transport. UK: Cambridge University Press, 2002. [3] Golub, G. H. and C. F. Van Loan. Matrix Computations. USA: JHU Press, 1996. [4] Parra-Guevara, D. and Yu. N. Skiba (2019). Chapter 3: Assessment of Basic Parameters for Unknown Constant and Instantaneous Point Sources. In: Horizons in World Physics (Albert Reimer Editor), Vol. 301, pp. 135-172. NY: Nova Science Publishers, Inc., USA. ISBN: 978-1-53616-472-5. [5] Skiba, Yu. N. and D. Parra-Guevara (2015). Application of Adjoint Equations to Problems of Dispersion and Control of Pollutants. NY: Nova Science Publishers, Inc., USA. 336 p. ISBN: 978-1-63482-469-9.

CCA-18

CHEMICAL COMPOSITION OF NANO PARTICLES FROM ALPHA-PINENE NUCLEATION AND THE INFLUENCE OF ISOPRENE

Caudillo Lucía¹, Heinritzi Martin¹, Simon Mario¹, Marie Guillaume¹, Müller Tatjana¹, Granzin Manuel¹, Wagner Andrea², Wang Mingyi¹, Surdu Mihnea¹, El Haddad Imad³, Donahue Neil³, Kürten Andreas³ y Curtius Joachim¹

¹Institute for Atmospheric and Environmental Sciences, Goethe University Frankfurt

²Department of Chemistry & CIRES, University of Colorado Boulder

³Center for Atmospheric Particle Studies, Carnegie Mellon University

⁴Laboratory of Atmospheric Chemistry, Paul Scherrer Institute
lucia.caudillo@iauw.uni-frankfurt.de

New particle formation from organic precursors is an important atmospheric process. One of the most important precursors is α -pinene, which can form a suite of oxidation products covering a wide-range of volatilities. This work presents results on the gas and particle phase chemical composition for a system where α -pinene was oxidized by ozone. These data are further compared to the mixed system of α -pinene and isoprene in order to better understand the partitioning processes. The measurements took place at the CERN Cosmics Leaving Outdoor Droplets (CLOUD) chamber between -30 °C and -50 °C at low and high relative humidity (20% and 60-100% RH). These conditions were chosen to simulate pure biogenic new particle formation in the free troposphere. The particle chemical composition was analyzed by the Thermal Desorption-Differential Mobility Analyzer (TD-DMA) coupled to a chemical ionization time-of-flight mass spectrometer. This unique instrument allows the direct comparison between gas and particle phase chemical composition as both measurements are using the same detection scheme. Additionally, results for the particle chemical composition from the TD-DMA, an Extractive Electrospray Ionization Time of Flight Mass Spectrometer (EESI-TOF), and a Filter Inlet for Gases and Aerosols (FIGAERO) are inter-compared in order to better understand the properties of the secondary organic aerosols.

CCA-19

INFLUENCIA DE LA AMPLIFICACIÓN DEL ÁRTICO EN EL CLIMA DEL PACÍFICO NORTE

Rodríguez Solís José Luis, Gross Markus y Turrent Thomson Cuahutémoc
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
jrodriguez@cicese.edu.mx

Se ha demostrado que la reducción de la extensión de hielo en el Ártico tiene efectos en la circulación atmosférica. En este trabajo se estudió el comportamiento de la circulación meridional atmosférica cuando la extensión en el hielo marino del Ártico es modificada. Con ayuda de modelos numéricos globales (CESM y CAM3), con hielo marino y temperatura superficial del mar prescritos se realizaron simulaciones experimentales. Los experimentos consistieron en reducir la extensión

de hielo marino en el Ártico de tal manera que permita observar las respuestas de la atmósfera en latitudes medias y los mecanismos por el cual interactúa con latitudes altas. Se comparó la temperatura potencial y viento zonal (entre otras variables) en cortes meridionales en el Pacífico Este, y se analizaron las estadísticas de posición en latitud y la intensidad de la corriente de chorro. Se encontró que las respuestas son diferentes en distintas regiones, además de observarse que la señal en el Ártico es más fuerte cuando hay variabilidad de sst que cuando se usa una sst climatológica. Se observó que los métodos utilizados hasta ahora para atribuir los efectos de la AA en latitudes medias no son lo suficientemente robustos para diferenciar de manera significativa los impactos que puede tener en estas latitudes y aquello que se debe atribuir a la variabilidad interna. Además, que los cambios en la corriente de chorro tienen una correlación más fuerte con otros fenómenos de variabilidad climática como el ENSO, por lo que es necesario ver otros procesos involucrados con los que interacciona la AA y no tratar de observarlos de manera aislada.

CCA-20

IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS EN DÉCADA Y MEDIA DEL ANÁLISIS DE ÍNDICES DE EVENTOS DE TEMPERATURA EXTREMA EN APIZACO, TLAXCALA, MÉXICO: 1952-2003

Morales Acoltzi Tomás¹, Gay-García Carlos², Sánchez-Meneses Oscar², Sánchez-Galán Javier Enrique³, Martínez Marlemys⁴, Hernández-Vázquez Maricela⁵, Bernal-Morales Rogelio⁶, Herrera-Cortés Silvia⁶, Neria-Castillo Mercedes⁷, Zarraluqui Víctor², Gordon-Mendoza Román⁸ y Pinzón Reinhardt⁷

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

³Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

⁴Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

⁵Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología, UATx, campus Tlaxco

⁶Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Los Santos, Panamá

⁷Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá
acoltzi@atmosfera.unam.mx

En los últimos años se ha generado en México, así como alrededor del mundo, un gran interés de la comunidad científica y la sociedad, en general, por tener un mayor conocimiento acerca del comportamiento de los eventos climáticos extremos, debido a su creciente número e intensidad. El objetivo de esta investigación fue actualizar un análisis de eventos climáticos extremos de temperatura utilizando para ello índices extremos de clima. Se efectuó un estudio de caso para el municipio de Apizaco, Tlaxcala, México, con series de datos de temperaturas máxima y mínima diarias para el periodo 1961-2018, quince años más al final de las series de datos. Se calcularon seis índices relacionados con temperatura máxima y mínima: días de heladas, días de verano, días cálidos, días fríos, noches cálidas y noches frías. Los resultados de todos ellos se evaluaron de forma anual, y sólo cuatro se analizaron por temporadas. Se les ajustó una tendencia con un modelo de regresión lineal de mínimos cuadrados, para determinar su comportamiento. Los resultados, en paréntesis para el periodo más reciente de quince años, de los índices mostraron que los eventos extremos relacionados con temperatura máxima tuvieron más cambios, los días de verano se incrementaron (disminuyeron, excepto en el 2010) y los días fríos disminuyeron (Continuó la tendencia, excepto 2016). Además, hubo un incremento (disminución) en los días de heladas, es decir, se presentó una mayor (menor) cantidad de días con temperaturas mínimas por debajo de 0°C. En general, los resultados indicaron que se están presentando temperaturas más extremas, más cálidas, pero también más frías (sin embargo, en los últimos seis años el rango diario de temperatura disminuyó sin precedente). Así que los cambios en década y media más en las series de tiempo corroboran la sugerencia del IPCC, que si ya existe cambio climático hay que buscarlo a partir de 1990. En efecto, las tendencias en el periodo extra de década y media, generalmente, fueron invertidas a las encontradas previamente. Desde el punto de vista dinámico el comportamiento de los valores extremos de precipitación, para los umbrales 25 y 30 mm mostraron alta persistencia en su marcha interanual. La detección de estas tendencias en los eventos extremos se puede considerar como un primer paso en cualquier estudio de atribución de los cambios observados (v. gr., cambios en el uso del suelo, cambio climático regional, etc.). Este aspecto de atribución no se abordará en el presente trabajo.

CCA-21

PLAN DE ACCIÓN CLIMÁTICA MUNICIPAL DE BAHÍA DE BANDERAS, NAYARIT 2020; AÑO BASE 2018

Robles Solís José Ramón, Tello Luján Daniela Alejandra, Guzmán Jiménez Adriana, Martínez Sánchez Beatriz Eugenia, Dueñas de la Rosa Pedro, Chavarín Urrutia Zarai Araceli, Ortega Sotelo Samantha y Guerra Olvera Nadia Guadalupe
Instituto Municipal de Planeación de Bahía de Banderas, Nayarit, IMPLAN Ba de Ba
solisrobles77@gmail.com

En el municipio de Bahía de Banderas, con 30 años de creación se registra un dinamismo poblacional y territorial, que resultará beneficiada de una planeación urbana con estrategias específicas de sustentabilidad para hacer frente a los efectos ocasionados por el cambio climático, desde 2017 con la participación de más de 15 mil bahiaberenses se concretó el Eje Lograr un Desarrollo Municipal Sostenible y Resiliente en el Plan Municipal de Desarrollo 2017-2021, con acciones en conjunto

con autoridades de los tres niveles de gobierno, sector privado, academia y colegios de profesionistas, logrando en el 2019 una buena práctica tras la adhesión del municipio al Pacto Global de Alcaldes; con apoyo del Programa de Cooperación Urbana Internacional NA de la Unión Europea, al GCoM e INECC, se integró el Plan de Acción Climática Municipal de Bahía de Banderas, Nayarit (PACMUNBB). El primer desafío a vencer fue recabar y homologar información necesaria para la toma de decisiones, lo cual, a través de la certificación bronce del ISO 37120 Ciudades y comunidades sustentables del WCCD (2019), se dio certeza, con criterios internacionalmente reconocidos de los datos utilizados en los análisis del sistema natural, económico, de infraestructura y sistema de gobernanza con estricto apego a la normatividad aplicable y metodología del Marco Común de Reporte. Formulando el primer Inventario de Gases de Efecto Invernadero (IGE) municipal, integrado con datos de actividad de año base del 2018 y una emisión total de 791,186.79 tCO₂e, identificando el sector energía estacionaria como el principal emisor con un 52.13% de las emisiones totales, seguido por el sector transporte con el 35.38%, sector residuos con un 7.65% y en menor porcentaje AFOLU con el 4.84%; aunado a esto, se realizó un Análisis de Riesgos y Vulnerabilidad Climática (ARVC), que permitió determinar un grado alto a muy alto de marginación en 7 localidades serranas y 4 en la zona valle con grados de riesgo oscilando entre medio a alto ante fenómenos como precipitaciones extremas, ciclones, sequías, incendios forestales, inundación pluvial y fluvial, peligros biológicos, entre otros. Cabe resaltar que el PACMUNBB, es único a nivel nacional e internacional, con año base que no excede el año anterior de cuando integró el PACMUNBB, se realizó un análisis a escala local desde el poblado de Lo de Marcos hasta La Jarretadera y de Mezcales hasta Aguamilpa y se construyeron 7 ejes y 23 líneas de acción de mitigación y adaptación para los diferentes sectores de la ciudad, que favorecen una pronta recuperación y respuesta ante riesgos, que guían los esfuerzos de las autoridades en el diseño de estrategias propuestas por los propios sectores: como fue el caso del sector privado, que propuso una colaboración con el gobierno para tener distintivos que los obliguen a tener evaluaciones periódicas de emisión de GEI y contribuir a la disminución en la actividad terciaria, entre otras; todo con el objetivo de mejorar la calidad de vida, inclusividad y resiliencia de los bahiaberenses.

CCA-22

ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI LINEALES Y POLIGONALES PARA EL CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL. UNA ALTERNATIVA PRÁCTICA Y ÚTIL PARA DIFERENTES NIVELES DE ESTABILIZACIÓN.

Gay-García Carlos y Sánchez-Meneses Oscar
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
cgay@unam.mx

Desde la creación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) distintos institutos de investigación han presentado proyecciones futuras de emisiones de GEIs que representan las posibilidades plausibles encontradas para su evolución en el tiempo, tomando en consideración aspectos como el avance de las tecnologías, las proyecciones demográficas, las socio economía de las naciones desde un punto de vista geopolítico, horizontes de tiempo, entre otros. Todo esto dentro del marco de los modelos de evaluación integrada los cuales han registrado un importante avance en los últimos años. Mucho se ha discutido acerca de la factibilidad de dichas proyecciones, pero lo que no está en duda es su utilidad para la elaboración de políticas públicas y toma de decisiones orientadas hacia la mitigación de impactos del cambio climático y el aumento en la capacidad adaptativa de la población. En este trabajo se demuestra que escenarios alternativos elaborados a partir de trayectorias lineales y poligonales, con menos detalles pero con mayor facilidad para su uso y elaboración, pueden ser usados, con ventajas prácticas y sin menoscabo de su validez, en lugar de las diferentes generaciones de escenarios de emisiones de GEI presentados en los distintos Informes de Evaluación del PICC. Además, de manera directa e intuitiva, se pueden usar para proyectar escenarios de emisiones que se ajusten a distintos criterios de estabilización de concentraciones de GEIs y también para representar la evolución de las incertidumbres en las emisiones, concentraciones e incremento en la temperatura media global. Los escenarios, se centran en la proyección de emisiones de CO₂.

CCA-23

NUEVO MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL PARA MÉXICO

Altamirano del Carmen Miguel Ángel¹, Estrada Francisco², Lobato Sánchez René³, Calderón Bustamante Oscar², Velasco Vinasco Julian Andrés², Mendoza Ponce Alma Virgen² y González Salazar Constantino²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
³Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
mgaac@yahoo.com

Existen métricas que se han propuesto para evaluar el desempeño de modelos de circulación global (MCG), ej., la magnitud del sesgo del modelo durante el periodo de observación, la correlación o el error cuadrático medio (Weigel et al. 2010), cuyo objetivo es evaluar el grado de similitud entre la temperatura observada y modelada para asignarles diferentes niveles de credibilidad, ej. para proyectar el clima futuro. No obstante, es reconocido que la utilidad de los MCG no puede ser inferida solo

por el grado de concordancia con las observaciones (Notz, 2015), al respecto se propone una metodología para evaluar la capacidad de los MCG para reproducir la respuesta observada de la temperatura superficial en México o los cambios en el forzamiento radiativo (FR) externo (Altamirano y Estrada, 2020). El método se basa en series de tiempo y técnicas econométricas, similar a las aplicadas en estudios de detección y atribución del cambio climático (Tol y de Vos 1993; Harvey y Mills 2002; Qu 2011; Estrada y Perron 2014). La metodología propuesta enfatiza las diferencias y similitudes entre estudios de evaluación de MCG y atribución, ya que se basa en la evaluación de la capacidad de los modelos para reproducir la tendencia observada de calentamiento. El método propuesto permite evaluar dos aspectos centrales en estudios de cambio climático: i) si la forma de la respuesta al FR reproducida por un MCG particular es compatible con las observaciones, y ii) si la magnitud de la tasa de calentamiento observado y modelado son estadísticamente similares. La aplicación del método se ilustra para las series anuales de temperatura superficial media en México, en el periodo 1910 a 2005, calculadas para los datos observados del HadCRUT4 y GISTEMP, como variable dependiente, y los modelados por 21 MCG, bajo el experimento "historical" del Proyecto de Intercomparación de Modelos Fase 5, así como la media del ensamble multi-modelo, como variable independiente. Se generaron modelos de regresión con el FR total e índices de modos de variabilidad natural que son físicamente relevantes en México. El modelo final de regresión se seleccionó con base en el ajuste y los resultados de pruebas estadísticas sobre la estabilidad del parámetro de pendiente (ej., presencia de cambio estructural) y de la forma funcional de la regresión. En éste modelo el FR total se sustituyó por el ensamble de las realizaciones de cada MCG. Al considerar los datos del HadCRUT4 (GISTEMP), solo 14 (11) de los 21 MCG, incluyendo la media del multi-modelo, son capaces de reproducir la forma observada de la tendencia de calentamiento en México, de éstos 4 (3) MCG son capaces de reproducir la tasa de calentamiento, los modelos CRNM-CM5 y GISS-E2-H son comunes entre las dos bases observadas. Los MCG que fallan para reproducir las características de la tendencia de calentamiento se relaciona a la presencia de un cambio estructural, ej, desde la década 1960 el calentamiento simulado por los modelos es mayor al que observado (el parámetro de pendiente es estadísticamente menor que 1).

CCA-24 PLÁTICA INVITADA

NICHO CLIMÁTICO PARA EL VECTOR AEDES AEGYPTI

Welsh-Rodríguez Carlos Manuel, Amaro Méndez Oscar, Arteaga Martínez David de Jesús y Morales Martínez Marco Aurelio
 Universidad Veracruzana, UV
 cwelsh@uv.mx

Cada día existen más estudios que sustentan la relación directa entre los cambios regionales del clima con la presencia de plantas y animales, en ese sentido el mismo cambio climático ha sido denominado una posible causa de la presencia de especies que transmiten enfermedades, por ejemplo aquellas relacionadas al vector *Aedes aegypti* (responsable de la transmisión de dengue, chikungunya y zika) a nivel urbano; en el pasado para centros urbanos de montaña (1700 a 2000 m.s.n.m) en Veracruz los cambios en las condiciones del clima regional en ese umbral está favoreciendo la aparición de especies vegetales y animales, esto es el principio de lograr acercarse al entendimiento de dinámicas ecológicas nuevas, algunas incluso posiblemente relacionadas a peligro de enfermedades. Se han realizado estudios previos donde se asocia la presencia del vector con la climatología y factores socio-ambientales tales como el uso de suelo y la vegetación en espacios urbanos, mismos que inciden en favorecer un hábitat para el vector. Sin embargo, se realizó un estudio piloto en un espacio de montaña por encima de los 2000 m.s.n.m., en la región montañosa central del estado de Veracruz, donde los factores socio-ambientales no tuvieron un peso tan fuerte como en las zonas urbanas, pero donde hubiera evidencia epidemiológica de casos de dengue; estudiamos las observaciones de la temperatura y humedad para distinguir cambios relevantes en las variables que favorecen la creación de un nicho favorable, desde el punto ecológico, misma que resultan fundamentales para formar hipótesis en torno al rompimiento de barreras climáticas para la presencia de algunas enfermedades transmitidas por vectores.

CCA-25

MODELO INTEGRADO DE ESCENARIOS PROBABILÍSTICOS DE CAMBIO CLIMÁTICO (AIRCC-CLIM)

Calderón Bustamante Oscar¹, Estrada Porrúa Francisco¹, Velasco Vinasco Julian Andrés¹, Botzen W. J. Wouter², Mendoza Ponce Alma Virgen¹, González Salazar Constantino¹, Altamirano del Carmen Miguel Ángel¹ y Mendoza Castro Víctor Manuel¹
¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Institute of Environmental Studies, VU University Amsterdam
 calderon@atmosfera.unam.mx

El modelo integrado AIRCC-CLIM produce escenarios probabilísticos de cambio climático de promedios mensuales y anuales de temperatura y precipitación, y medidas de riesgo mediante la emulación de todos los GCM incluidos en el CMIP5. Incluye el modelo climático de Schneider-Thompson (SC) utilizado en algunos modelos de evaluación integrada y salidas precalculadas a partir de dos modelos climáticos de complejidad reducida: MAGICC/SCENGEN (Meinshausen, Raper y Wigley, 2011) y modelo termodinámico del clima (MTC) (Adem, 1991). Todas las opciones del modelo incluyen cuatro escenarios RCP (RCP8.5, RCP6, RCP4.5 y RCP2.6) y la opción SC permite utilizar escenarios de emisiones (para los gases

CO₂, CH₄, N₂O, CFC11, CFC12 y SF₆) definidos por el usuario que se pueden editar usando una interfaz gráfica.

CCA-26

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA EN MÉXICO

Estrada Porrúa Francisco, Mendoza Ponce Alma Virgen, Calderón Bustamante Oscar, Velasco Vinasco Julian Andrés, Altamirano del Carmen Miguel Ángel y González Salazar Constantino
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 feporrua@atmosfera.unam.mx

Se presentan los principales resultados de la evaluación de los impactos del cambio climático en el sector agrícola en México que fue realizada para la Sexta Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC. Mediante modelos biofísicos se analizan los cambios en rendimientos de seis cultivos relevantes para México y se calculan los costos económicos asociados a nivel país y estado, para dos escenarios de emisiones (RCP8.5 y RCP2.6). Los resultados sugieren que, bajo un escenario de inacción, cambio climático puede reducir drásticamente la capacidad de producción agrícola en México y con ello imponer costos socioeconómicos considerables a las generaciones presentes y futuras. A nivel nacional, los costos acumulados del cambio climático durante este siglo serían similares a perder 1.8 (rango: 0.8 a 2.3) veces el valor de la producción agrícola nacional. Los estados muestran una distribución muy asimétrica en cuanto a la distribución de pérdidas relativas. Tres estados serían severamente afectados: las pérdidas para Tabasco, Quintana Roo y Veracruz serían comparables a casi 12, 11 y 10 años del valor de la producción agrícola. En los casos de Oaxaca, Campeche y Colima las pérdidas acumuladas serían similares a perder entre 5 y 6 años del valor de la producción agrícola; Chiapas y San Luis Potosí tendrían pérdidas similares a 4 años de producción agrícola. Bajo un acuerdo de mitigación internacional consistente con los objetivos del Acuerdo de París, los costos acumulados del cambio climático podrían reducirse de manera significativa. Sin embargo, los impactos esperados durante las siguientes tres décadas serán difícilmente evitables aún bajo los escenarios de mitigación más ambiciosos. Estos resultados apuntan la importancia del desarrollo de estrategias de planeación y adaptación para el sector en el corto plazo.

CCA-27

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DINÁMICA ECOGEOGRÁFICA DE LAS ENFERMEDADES ZONÓTICAS

González Salazar Constantino, Velasco Vinasco Julian Andrés, Estrada Francisco, Calderón Bustamante Oscar, Mendoza Ponce Alma Virgen y Altamirano del Carmen Miguel Ángel
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 cgsalazar@atmosfera.unam.mx

Establecer la escala espacial y temporal a la cual el cambio climático tendrá un impacto en la dinámica de transmisión de las zoonosis es un tópico de gran interés. Sin embargo, la capacidad para predecir los efectos del cambio climático en la propagación de enfermedades infecciosas está en desarrollo. Tradicionalmente los trabajos de cambio climático y enfermedades se han enfocado en la distribución de solo alguno de los agentes causales involucrados (vectores u hospederos), y no de forma conjunta. Esto limita inferir la posibilidad del establecimiento de nuevos ciclos de transmisión, identificar sitios con las condiciones para la emergencia de nuevos brotes epidémicos, cuales especies son factibles de adquirir los patógenos, en resumen, determinar como la reconfiguración de las distribuciones de especies va a determinar el paisaje epidemiológico en el futuro cercano. Aquí presentamos una primera aproximación para evaluar, a nivel ecosistémico, los efectos potenciales del cambio climático en la dinámica eco-geográfica de enfermedades zoonóticas, tomando como caso de estudio la enfermedad de Chagas. Este marco de análisis combina modelos de nicho ecológico y redes complejas inferenciales para cuantificar los cambios a nivel de interacciones y patrones eco-geográficos, identificando aquellas regiones con riesgo de brotes epidémicos, donde previamente no se han registrado casos de las enfermedades, así como identificar aquellas especies con el potencial de adquirir los patógenos y que actualmente no son consideradas de riesgo. Estos resultados nos permitirán evaluar la relación entre el ambiente y las zoonosis; y establecer las especies y sitios prioritarios para vigilancia epidemiológica.

CCA-28

ESCENARIOS DE EXTINCIÓN Y PÉRDIDA DE DIVERSIDAD EN ANFIBIOS POR CAMBIO CLIMÁTICO ABRUPTO

Velasco Vinasco Julian Andrés, Calderón Bustamante Oscar, Estrada Porrúa Francisco, Mendoza Ponce Alma Virgen, González Salazar Constantino y Altamirano del Carmen Miguel Ángel
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 javelasco@atmosfera.unam.mx

La actual crisis de la biodiversidad contempla un escenario donde al menos un millón de especies podrían extinguirse al final del siglo actual. Las causas directas e indirectas varían geográficamente y filogenéticamente e incluyen la pérdida de hábitat, contaminación, especies invasoras, enfermedades zoonóticas emergentes y cambio climático. El cambio climático ya es reconocido como un factor estresante que ha causado extinciones locales y regionales en diferentes regiones alrededor del

mundo. Sin embargo, hasta la fecha no se ha evaluado la contribución directa que el cambio climático podría tener en la pérdida de diversidad proyectada a futuro. En este sentido, es necesario evaluar si una potencial extinción direccionada por cambio climático, y en particular escenarios climáticos abruptos, podría tener un mayor impacto que una extinción por los factores de riesgos tradicionalmente contemplados en las listas rojas de la IUCN. En este trabajo evaluamos si los escenarios de extinción no aleatorios (i.e., aquellos basados en probabilidades de extinción estimadas a partir del riesgo actual) y escenarios de extinción por un cambio climático abrupto son similares en cuanto a la pérdida de diversidad filogenética. Encontramos que la pérdida de diversidad filogenética será mayor con diferentes escenarios de cambio climático abrupto. La pérdida de diversidad filogenética con cambio climático no es estacionaria y las mayores pérdidas se concentran en la región del piedemonte Amazónico de los Andes tropicales y los bosques de la mata Atlántica en Brasil. Nuestros resultados sugieren que el cambio climático abrupto podría generar una pérdida severa del legado evolutivo de los anfibios a escala planetaria aunque de menor intensidad que un escenario de extinción aleatorio. En este sentido, es necesario una priorización de especies y regiones más susceptibles a los impactos del cambio climático global y particularmente con respecto a potenciales eventos abruptos.

CCA-29

RETOS TRANSFRONTERIZOS DE LA PÉRDIDA DE LOS ECOSISTEMAS ANTE LOS CAMBIOS DE USO Y COBERTURA DEL SUELO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL USUMACINTA

Mendoza Ponce Alma Virgen¹, Corona Núñez Rogelio Omar², Estrada Porrúa Francisco¹, Calderón Bustamante Oscar¹, Velasco Vinasco Julian Andrés¹, González Salazar Constantino¹ y Altamirano del Carmen Miguel Ángel¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Instituto de Ecología, UNAM

almamendoza@gmail.com

Los cambios de uso y cobertura del suelo (CUCS) son la principal amenaza para la pérdida y degradación de los ecosistemas, especialmente en los trópicos, en donde la principal causa directa es la expansión agropecuaria. En este estudio analizamos diferentes trayectorias de CUCS en una de las regiones más importantes en biodiversidad de México y Guatemala, la cuenca del Usumacinta, en la cual gran parte de su población se dedica a las actividades primarias lo que la llevó a perder, para el 2012, el 43% de su vegetación natural. Nosotros modelamos dos escenarios de CUCS, uno tendencial y otro optimista-conservador; ambos integran proyecciones socioeconómicas, de cambio climático, de rendimientos de maíz y de políticas de restauración. Los resultados muestran que la población de la cuenca pasará de 3.9 millones a 4.8 millones para el 2030, y que entre el 87% y el 91% de la cuenca tendrá decrementos mayores a 10% en los rendimientos de maíz (RCP 2.6 y 6.0), lo que generará mayores presiones sobre los ecosistemas. Se espera que, bajo el escenario tendencial, los usos antrópicos representen el 61%, y para el escenario optimista-conservador el 55%. Nuestro estudio muestra que la región enfrentará muchos retos para evitar la pérdida de los ecosistemas y que será necesario implementar políticas integrales que se enfoquen en erradicar la pobreza y asegurar el acceso a los alimentos reduciendo la pérdida de la biodiversidad en la cuenca.

CCA-30

IMPACTO TÉRMICO DE UN ESCENARIO DE CRECIMIENTO URBANO PROYECTADO PARA 2060 EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

López Espinoza Erika Danae¹, Miquelajaregui Yosune², Luna-Pérez Erika³ y Bojórquez-Tapia Luis Antonio²

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

³University of British Columbia

danae@atmosfera.unam.mx

Las áreas urbanas concentran más de la mitad de la población mundial (IPCC 2003; Haase et al. 2014). La conversión de varias coberturas de vegetación a suelo urbano se reconoce como uno de los cambios ambientales que afectan a escala local, regional y global (Oke, 2002). En este estudio, presentamos un marco de modelado que combina el WRF (Weather Research forecasting), un modelo numérico de predicción atmosférica, y SLEUTH, un modelo de crecimiento urbano, para examinar los impactos térmicos asociados al crecimiento urbano proyectado en el Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) para el 2060. Utilizando SLEUTH para predecir el crecimiento urbano proyectado a 2060 en un escenario en el que no se imponen restricciones a la expansión urbana, se realiza el análisis atmosférico con WRF para un mes de junio. La coherencia de la información de uso de suelo para proyectar el escenario urbano con SLEUTH y simular la respuesta térmica con WRF se mantiene alimentando a ambos modelos con información de la serie de INEGI. Los resultados muestran que la temperatura media puede alcanzar hasta un incremento máximo para la proyección urbana 2060 de hasta 1.6 grados centígrados en la CdMx (en Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza), 1.9 grados centígrados en Hidalgo (en Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tula de Allende y Tlaxcoapan) y

hasta de 2.0 grados centígrados en el EdoMex (en Tecamac, Jaltenco, Nextlalpan, Teoloyucán, Tultepec, Ecatepec de Morelos, Tonanitla y Zumpango). Asimismo, se observa que la temperatura mínima (T_{min}) sufre un impacto más severo que la temperatura máxima (T_{máx}), siendo en promedio para la CdMx de 2.8 grados centígrados en comparación con 0.6 grados centígrados para T_{máx}, sin embargo en CdMx se llegan a observar incrementos de hasta 4.0 grados centígrados en T_{min} y de hasta 1.6 grados centígrados en T_{máx}. Por otro lado, para Hidalgo (EdoMex) se observa un incremento promedio en T_{min} de 2.2 (2.0) grados centígrados y en T_{máx} de 0.4 (0.5) grados centígrados, sin embargo los incrementos en T_{min} alcanzan hasta 4.4 (4.5) grados centígrados y en T_{máx} hasta 1.8 (2.0) grados centígrados. Finalmente, se observa que la isla de calor urbana cambia en su forma extendiéndose principalmente al norte, noreste y este en la Ciudad de México y Estado de México. Las simulaciones de este trabajo se realizaron bajo el proyecto LANCAD-UNAM-DGTIC-393.

CCA-31 CARTEL

UN MODELO 1D SIMPLE PARA ESTUDIAR EL INTERCAMBIO TÉRMICO ENTRE LOS PARQUES Y SU ENTORNO URBANO

García Chan Néstor y Gutiérrez Ibarra Luis Gerardo

Universidad de Guadalajara

nestor.gchan@academicos.udg.mx

La expansión de los centros urbanos cambian permanentemente la vocación natural-rural de su entorno lo que conlleva la alteración de las propiedades térmicas de la superficie. Esto genera cambios en el micro clima que conducen a la conocida como Isla de Calor Urbana (ICU). La ICU se caracteriza por la diferencia significativa de temperatura entre el área urbana y su entorno rural-natural generando efectos adversos para la calidad de vida de la población: aumento de la demanda y el coste económico de la energía empleada en la refrigeración y algunos padecimientos relacionados con el calor excesivo (agotamiento, choques de calor, stress, etc.) (I. Elsayed, 2012 y M. Santamouris et. al., 2001). Esto hace que la ICU sea un problema ligado directamente al desarrollo económico de las ciudades, por tanto es imposible de eliminar, por lo que se aspira a su mitigación. Es conocido que la reducción de la absorción superficial de radiación solar con el sombreado, reduce la temperatura hasta en 19 °C respecto a superficies expuestas (D. Armonson et. al. 2012). Por otro lado en H. Taha et. al. (1991) el potencial de los árboles para reducir la demanda de energía para refrigeración en edificios es demostrado y describe a los parques como islas frías durante el día pero cálidas durante la noche. Esto sugiere que el incremento en número y extensión de parques con un arbolado adecuado puede mitigar el exceso de calor al menos en su entorno. Para cuantificar la mitigación del exceso de calor por medio de parques, la modelación matemática en EDPs y la simulación numérica pueden proporcionar una primera aproximación. Así en este trabajo un modelo 1D simple de intercambio térmico en un sistema aire-superficie-suelo conformado de un sistema de EDPs no lineal fue planteado y resuelto numéricamente. Entre sus resultados está la reproducción del fenómeno de parques frescos-cálidos mencionado arriba, lo que anima a extender el modelo a una dimensión 2D horizontal permitiendo su aplicación a ciudades reales.

CCA-32 CARTEL

MÉTODOS PARA PRONOSTICAR LA RADIACIÓN SOLAR, APLICADOS AL SECTOR ENERGÉTICO EN JALISCO

Barcenas Castro Maydes

Universidad de Guadalajara, CUAA

maydes.barcenas@gmail.com

En el contexto mundial actual, relacionado a la explotación del recurso solar como fuente de energía, es necesario encaminar ciertas investigaciones al mejor aprovechamiento de la radiación solar. Muchos estudios se han llevado a cabo para determinar el potencial disponible y las áreas de mayor aprovechamiento. Hoy día, a nivel mundial y México no es la excepción, se cuenta con un gran número de tecnología térmica y fotovoltaica instalada. Jalisco es un estado líder en la cantidad de parques fotovoltaicos y es por ello que, se debe tratar de aprovechar de manera eficiente esta energía. Se propone, el uso de métodos de pronóstico de la radiación solar, para la predicción del potencial energético solar en Jalisco. Como resultados, se evidencia la necesidad de un servicio realizado por especialistas que garantice al sector energético el futuro comportamiento de la radiación solar, comprendiendo los diferentes plazos de pronóstico y necesidades del sector eléctrico. El conocimiento futuro del tiempo y el clima es una pieza clave para los procesos de operación y producción de la energía solar.

CCA-33 CARTEL

CARACTERÍSTICAS DEL CICLO DIURNO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA VERTIENTE DEL PACÍFICO MEXICANO DURANTE LOS EVENTOS ENSO DEL 2000 AL 2018

Galdos Segura Andreé¹, Brito Castillo Luis² y Tereshchenko Iryna¹

¹Universidad de Guadalajara

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
gal2.pe@gmail.com

El fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO), modula la variabilidad interanual de las precipitaciones a nivel global. Dependiendo de la estación del año y la fase e intensidad del evento, algunas regiones experimentan un incremento de las precipitaciones, mientras que otras experimentan una disminución. Hasta ahora, los estudios se han enfocado en analizar los efectos del ENSO en el acumulado estacional o anual de las precipitaciones mientras que sus efectos sobre los acumulados horarios han permanecido poco estudiados. Esto se debe principalmente a la dificultad de obtener registros horarios suficientemente largos. Por tanto, poco se sabe sobre la modulación del ciclo diario de las precipitaciones durante el ENSO. En este trabajo exploramos las características del ciclo diario de las precipitaciones en la vertiente del Pacífico Mexicano y los cambios que experimenta durante eventos ENSO del 2000 al 2018. Los datos utilizados se reportan cada diez minutos y provienen de 75 estaciones meteorológicas automáticas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que fueron seleccionadas después de haber realizado un análisis de calidad de datos. Los registros indican que el volumen de precipitación siempre es mayor al sur que al norte del Cinturón Volcánico Transversal (CVT) y es mayor en las regiones montañosas con respecto a la costa, excepto durante eventos ENSO en el invierno (noviembre a marzo), en donde además, se observa que al norte del CVT, el ciclo diario pierde la forma clásica de campana. Así mismo, el ciclo diario durante El Niño en verano muestra que el mayor volumen de precipitación cerca a la costa norte (sur) ocurre 4 (6) horas después de haber ocurrido la mayor descarga en la montaña norte (sur). Durante La Niña en verano los desfases horarios entre la costa y la montaña son muy similares a los de El Niño. Estos resultados indican también, que en verano, al norte del CVT precipita ligeramente menos durante La Niña que durante El Niño, por el contrario, al sur, precipita más durante La Niña que durante El Niño.

CCA-34 CARTEL

ATLAS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN PARA LA ZMCM A PARTIR DE DATOS OBSERVACIONALES: AVANCES

López Espinoza Erika Danae¹, Herrera-Moro Dulce Rosario¹, Gómez-Ramos Octavio², Flores-Espinoza Miguel A.³, Novelo Casanova David Alberto² y Zavala-Hidalgo Jorge¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geografía, UNAM
danae@atmosfera.unam.mx

A partir de una base de datos elaborada con información de un conjunto de estaciones pluviométricas distribuidas a lo largo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), con información mayor a 20 años para los meses del periodo de lluvias (junio a octubre) desde 1922 al 2015, se implementó una herramienta web para mostrar los análisis generados a partir del comportamiento de la precipitación acumulada diaria. La información se presenta a través de mapas y gráficas sobre eventos extremos, tendencias y comportamiento anual con el fin de poner a disposición un recurso público y educativo. La herramienta web se desarrolló completamente con software libre para ser integrada a la Red Universitaria de Aprendizaje (RUA) de la UNAM. Esta herramienta contribuye al conocimiento científico para mejorar el entendimiento de la variabilidad climática/meteorológica de la precipitación en la región de la ZMCM. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT IT102120.

CCA-35 CARTEL

EL UNAM-DROPLET FREEZING ASSAY: UN INSTRUMENTO PARA EVALUAR LAS HABILIDADES DE NUCLEACIÓN DE HIELO DE LA MICROCAPA SUPERFICIAL Y AGUAS SUB-SUPERFICIALES DE LOS OCÉANOS

Córdoba María Fernanda¹, Juárez-Pérez Javier¹, Ramírez-Díaz Zyanya², Miller Lisa A.³, Herrera-Silveyra Jorge⁴, Raga Graciela B.¹, Simpson Kyle³, Cruz Giuliana⁴, Pereira Diana L.¹ y Ladino Luis A.¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Department of Geosciences, Texas Tech University, Lubbock, USA

³Center for Ocean Climate Chemistry, Institute of Ocean Sciences, Fisheries and Oceans Canada

⁴Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Mérida, Yucatán
mariafercordoba@hotmail.com

Los núcleos de glaciación (INPs, por sus siglas en inglés) de origen marino actúan como catalizadores en la formación de nubes que contienen cristales de hielo. Por lo tanto, los INPs juegan un papel muy importante en el balance radiativo terrestre y el ciclo hidrológico. Parametrizaciones y modelos climáticos subestiman la cantidad de INPs presentes a nivel global, debido a que la mayoría de estudios sobre INPs se han realizado en latitudes medias y altas. Por tal motivo, con el fin de llevar a cabo mediciones en los trópicos y contribuir a una mejor representación de INPs, en el Laboratorio Interacción Micro y Mesoescala del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, se construyó y se validó el UNAM-Droplet Freezing Assay (UNAM-DFA). Éste es el primer equipo en Latinoamérica que evalúa las habilidades de nucleación de hielo de la microcapa superficial del mar (SML, por sus siglas en inglés) y de aguas sub-superficiales (SSW) por el modo de congelación por inmersión. Se llevaron a cabo experimentos con agua ultrapura (i.e., sin INPs), soluciones al 0.1% m/m del estándar Arizona Test Dust (ATD), y muestras de SML y SSW colectadas en Dzilam de Bravo, Yucatán (DB) y en la Isla de Vancouver, Canadá (IV). Los resultados para la validación del equipo, es decir, las curvas de congelación homogéneas (agua ultrapura) y curvas con ATD mostraron gran acuerdo con los resultados reportados para otros DFA similares. Adicionalmente, se registraron concentraciones de INPs que variaban de 6.0×10^1 a 1.1×10^5 L⁻¹ para DB y de 2.1×10^2 a 9.1×10^4 L⁻¹ para IV, las cuales fueron consistentes con las concentraciones de INPs reportadas en la literatura. Se observaron valores de T50 (i.e., la temperatura a la cual el 50% de las gotas se congelaron) de -13.5°C y -28.7°C para IV y DB, respectivamente, lo que sugiere que las muestras de la IV fueron más eficientes en relación a las de DB. Por último, se observó que las muestras de SSW presentaron mayor eficiencia en la formación de hielo que las muestras de SML. Cabe resaltar que variables como afloramientos de fitoplancton, presencia de frentes fríos y propiedades fisicoquímicas de la región, pueden afectar las habilidades de nucleación de hielo del aerosol marino. Si bien, las muestras colectadas en regiones tropicales muestran baja eficiencia en este estudio, es importante señalar que las aguas oceánicas tropicales pueden emitir INPs, los cuales pueden contribuir de manera significativa a la disponibilidad global de INPs.

CCA-36 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS Y ANÁLISIS DE SUS HABILIDADES EN LA FORMACIÓN DE NUBES MIXTAS

Pereira Diana L.¹, Gavilán Irma², Letechipia Consuelo³, Raga Graciela B.¹, González Luis⁴, Pi Teresa⁴, Miranda Javier⁵, Carabali Giovanni⁶, Rosas Irma¹, Martínez Leticia¹, Salinas Eva¹ y Ladino Luis A.¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

²Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

³Unidad Académica de Estudio Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas

⁴Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

⁵Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México

⁶Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
dlpg1996@gmail.com

Las partículas de aerosol que catalizan la formación de hielo dentro de las nubes (INPs, por sus siglas en inglés) juegan un papel muy importante en la formación de nubes, el desarrollo de precipitación, y el ciclo hidrológico. Existen diferentes fuentes de INPs tales como polvo mineral, biopartículas, y partículas orgánicas de diferente origen. Diversos estudios han demostrado que las partículas orgánicas provenientes de suelos poseen propiedades fisicoquímicas que las hacen eficientes INPs. En este trabajo se analizan las habilidades como INPs de las provenientes de suelos agrícolas de diferentes áreas del territorio mexicano. Muestras de aerosol y de suelos se colectaron en los estados de Zacatecas, Morelos, y Ciudad de México con el objetivo de determinar las concentraciones de INPs en función de la temperatura. Para ello, se generaron partículas de aerosol a partir de las muestras de suelos usando dos sistemas (i.e., húmedo y seco). Las habilidades en la formación de nubes mixtas del aerosol generado en el laboratorio, junto con las muestras colectadas en campo, se analizaron con la UNAM - Microorifice uniform deposit impactor - Droplet freezing technique (UNAM-MOUDI-DFT). Se encontró que los componentes minerales y orgánicos de los polvos agrícolas influyen en la formación de cristales de hielo, encontrando que la concentración de INPs varía entre 10⁻¹ y 10² L⁻¹. Se observó que los resultados del presente estudio son similares con los reportados en la literatura para suelos en áreas agrícolas de Wyoming en términos

de temperatura de activación de los INPs. Sin embargo, una mayor concentración de INPs se observó en comparación a muestras de Colorado, Kansas, y Wyoming. Con el objetivo de determinar la importancia del componente mineral en la eficiencia para actuar como INPs de los suelos agrícolas, la composición química y mineralógica del aerosol generado fue evaluada a través de fluorescencia de rayos-x y difracción de rayos x. Por último, las muestras de suelo se cultivaron en diferentes medios para verificar la presencia de bacterias y hongos. Se evaluarán las correlaciones entre las concentraciones de INPs y microorganismos, además de las correlaciones entre las temperaturas iniciales de congelación de los INPs con la composición del aerosol y las variables meteorológicas.

CCA-37 CARTEL

EVALUACIÓN DE CARBONILOS, PM2.5 Y CARBONO NEGRO EN AMBIENTES INTRAMUROS Y EXTRAMUROS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Silva Gómez Sandra Isabel¹, Mugica Álvarez Violeta¹ y García Martínez Rocío²

¹Universidad Autónoma Metropolitana, UAM

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
sandra.nous@hotmail.com

La exposición a los contaminantes aéreos ocurre tanto en ambientes exteriores como interiores, siendo este último el menos investigado. En este trabajo se evaluó la presencia de PM2.5, carbono negro y carbonilos en exteriores e interiores, a través del monitoreo y el análisis gravimétrico, termo-óptico y HPLC, se presenta la estadística básica de los resultados obtenidos. Se diseñaron y llevaron a cabo tres campañas de monitoreo de aire considerando las temporadas primavera, verano y otoño en ambientes interiores y exteriores. Cada campaña se realizó en tres zonas de la Ciudad de México: Norte en las instalaciones de la UAM-Azcapotzalco, Centro en la Universidad de las Américas en la Delegación Cuauhtémoc y Sur en el Centro de Ciencias de la Atmósfera en Coyoacán. El muestreo en exteriores se realizó en las azoteas de edificios pertenecientes a los planteles y el muestreo en interiores se realizó en áreas de oficinas. Las concentraciones promedio de los carbonilos en los tres sitios fueron más elevadas al interior que al exterior en la temporada de verano, destacando la acetona ($99.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sobre todos los demás carbonilos, seguida por el acetaldehído ($6.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$), el formaldehído ($5.715 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la acroleína ($2.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y el propionaldehído ($0.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En el exterior las concentraciones promedio de carbonilos fueron menores y se encontraron en el siguiente orden acetona ($7.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$), acetaldehído ($5.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$), acroleína ($3.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$), butiraldehído ($1.381 \mu\text{g}/\text{m}^3$), formaldehído ($1.318 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y propionaldehído ($0.401 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Por otro lado, se encontró que las concentraciones de partículas fueron más altas en la época de primavera. Teniendo una concentración de $230.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el exterior y $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el interior, seguida por las concentraciones en verano con $52.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el exterior y $49.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el interior. En promedio los niveles de carbono negro hallados en interiores fueron mayores a los niveles en exteriores, especialmente en la época de primavera y otoño. Se debe destacar que en exteriores en la época de otoño los niveles de carbono negro fueron mayores a los encontrados en las temporadas calientes.

Sesión regular

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Organizadores:

Miguel Ángel Alatorre Zamora

Fernando Corbo Camargo

Iza Canales

Jorge Arzate Flores

Diego Ruiz

EG-1

AVANCES DE LA MICROZONIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO CON EL MÉTODO DE COCIENTE ESPECTRAL (H/V) USANDO RUIDO AMBIENTAL

Salgado Martínez Hafid, Sánchez Martínez Gilberto José y Ramírez Gaytan Gonzalo Alejandro
Universidad de Guadalajara, UdeG
hafidsalgado27@gmail.com

En este trabajo se presentarán los avances de la microzonificación y caracterización del suelo de la ciudad de Guadalajara, así como la teoría sobre el método de H/V de Nakamura., 1989. Además, se explicará la metodología empleada en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México para la adquisición de los datos y el procesamiento de ellos. En la cual, se utilizó ruido ambiental que fue grabado con las estaciones sísmicas RASPBERRY SHAKE 3D, instalándolos en un total de 120 sitios distribuidos por toda la zona de estudio. El objetivo principal es generar mapas de interpolación con los periodos fundamentales de vibración del subsuelo, para poder determinar sus características del suelo y actualizar o mejorar las normas de construcción, ya que solo se cuenta con un trabajo previo, pero con un área muy delimitada. Dichos mapas tendrán la característica y ventaja de mostrar interpolaciones de tal manera que puedan encontrarse valores en aquellos sitios donde se carece de mediciones. Estos mapas serán una importante herramienta en la toma de decisiones para los constructores y organizaciones encargadas de organizar y planificar los permisos de construcción. Este trabajo se llevo a cabo gracias al proyecto: CONACYT-infraestructura/299766.

EG-2

DIMENSIONES DE LA CUENCA PULL-APART CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, BASADO EN PERFILES DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D

González Escobar Mario, Aladro Chio Young Ho, Gallegos Catillo Cristian A., Mastache Román Edgar A. y Arregui Ojeda Sergio
CICESE
mgonzalez@cicese.mx

La cuenca Cerro Prieto (CCP) se ha desarrollado entre dos fallas transformantes activas y paralelas, de movimiento lateral derecho; Imperial y Cerro Prieto. Existe un acuerdo general sobre la interpretación tectónica regional de la CCP; sin embargo, falta documentación publicada sobre su forma y dimensiones. En este trabajo, abordamos este problema. Tenemos datos de sísmica de Reflexión 2D para el área de estudio. Resultados muestran que las fallas Cerro Prieto e Imperial se extienden más de lo que se pensaba, aunque quizás estas extensiones pueden ser fallas de relevo, principalmente la de Cerro Prieto. La profundidad de la cuenca es mayor de lo que se tiene registrado y en un perfil se presenta una forma de graben y no como el semigraben que se ha estado considerando. Las imágenes muestran que el límite norte de la cuencas está más lejos que lo que se tiene reportado, lo que implica que las dimensiones de la CCP se han subestimado. Se observa una pérdida de amplitud sísmica en todos los perfiles, interpretando este comportamiento como zonas de alteración hidrotermal, lo cuales representan áreas de oportunidad geotérmica. La CCP es una estructura importante en términos geológicos y de recursos geotérmicos, entre otros.

EG-3

DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA EL PROCESAMIENTO E INVERSIÓN DE DATOS TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS

Castro Artola Oscar Alberto¹ y Ruiz Aguilar Diego²
¹IGRCC-UNICACH
²Cátedras Conacyt-CICESE
oscar.castro@unicach.mx

El método Transitorio Electromagnético (TEM) ha sido ampliamente aplicado y desarrollado en México durante los últimos 30 años. Sin embargo, existe una carencia de códigos computacionales de acceso libre que permitan realizar el procesamiento y modelado inverso de los datos TEM. Sin tener acceso a programas comerciales y de licencia pagada (e.g. WingLink), el procedimiento para poder interpretar datos TEM puede ser tedioso, además de ser susceptible a diferentes errores por parte del usuario, ya que involucra la manipulación de los archivos de datos, desde su salida del equipo hasta el graficado de resultados, con diferentes herramientas y programas. En este sentido, para simplificar el flujo de trabajo en la interpretación de datos TEM, y como parte del Convenio UNICACH-CICESE, se desarrolló una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) en el lenguaje de programación Python, que permite realizar el procesamiento, visualización y modelado inverso unidimensional de una manera amigable. Con esto se logra garantizar que todos los resultados tengan el mismo tratamiento. Se prefirió realizar la implementación de la interfaz con Python para evitar el uso de lenguajes que requieren licencias pagadas (e.g., Matlab). Las capacidades de esta nueva interfaz gráfica se mostrarán mediante

su aplicación en la interpretación de datos TEM adquiridos en la zona geotérmica de Acoculco en el marco del proyecto GEMex.

EG-4

FFMT: A MATLAB-BASED TOOLBOX FOR MAGNETOTELLURICS (MT)

Castro César Daniel, Hering Philip y Junge Andreas
Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Geowissenschaften
castro@geophysik.uni-frankfurt.de

We present the software package FFMT, which features tools to read, display and process time series data. It provides various options for the interpretation, visualization and preparation of magnetotelluric (MT) data sets. FFMT is an updated version of the research work that has been carried out over a decade at the University of Frankfurt and it is presented as an open source-GUI (graphical user interface) written in MATLAB®. The software provides a robust multi-site/multi-device processing tool, a wide range of visualization options, and it is compatible with widely used MT modeling and inversion software such as COMSOL Multiphysics®, ModEM or Mare2DEM. Further, it includes a time series generator for the simulation of arbitrary signal and noise patterns, and a 2-D/3-D forward modeling environment for simulating user-defined 3-D (an)isotropic conductivity distributions with arbitrary topography. The tool is ideal for educational and basic-to-high level purposes. FFMT is suitable for both beginners and advanced scientists, and allows the user to get the most out of an MT data set. Essential and commonly interpretive tools have been included (e.g. the PT, Caldwell et al., 2004), as well as new developments in MT (e.g. the CART, Brown, 2016; Hering et al., 2019). Due to its modular structure, it is possible to integrate new methodologies and to provide the MT community with an always up-to-date toolbox.

EG-5

INVERSIÓN 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS ADQUIRIDOS EN EL SISTEMA GEOTÉRMICO DE ACOCULCO

Ruiz Aguilar Diego¹, Romo-Jones José Manuel² y Arango Galván Claudia³
¹Cátedras Conacyt-CICESE
²CICESE
³Instituto de Geofísica, UNAM
druiz@cicese.mx

En el marco del proyecto Mexicano-Europeo GEMex, fueron adquiridos 68 sondeos magnetotelúricos (MT) en la caldera de Acoculco (Puebla), que es considerada como un área geotérmica de alta temperatura con las características necesarias para proponer el desarrollo de un Sistema Geotérmico Mejorado. Adicionalmente, 65 sondeos Transitorios Electromagnéticos (TEM) fueron recolectados para corregir el corrimiento estático de los datos MT. Las respuestas transitorias fueron medidas en un rango de 0.1 a 90 ms con el equipo TerraTEM, usando una configuración single-loop, con área de Tx y Rx de 100x100 m². Las señales magnetotelúricas fueron registradas con equipos Metronix en un rango de periodo de 0.001 a 1000s. Las funciones de transferencia MT fueron procesadas con el algoritmo de estadística robusta BIRRP. El análisis de dimensionalidad realizado con los datos MT sugiere principalmente una estructura geoelectrica 1D en la parte somera, y una estructura tridimensional a profundidad. Realizamos la inversión 3D de los datos MT con el algoritmo ModEM. Antes de la interpretación del modelo inverso, analizamos la sensibilidad de los parámetros del modelo para detectar posibles artefactos generados por la inversión. El modelo inverso tridimensional presenta las características típicas que se encuentran en sistemas geotérmicos de alta entalpía localizados en áreas volcánicas: 1) una capa resistiva somera asociada a flujos de lava, 2) una capa intermedia conductora relacionada con depósitos volcánicos con alteración hidrotermal (i.e, clay cap) y 3) un núcleo resistivo a profundidad correlacionado con la secuencia de rocas metasedimentarias y el basamento granítico. El modelo geoelectrico 3D presenta una buena correlación con las estructuras geológicas de la zona de estudio. *Se agradece a la CFE por dejarnos acceder a sus campos geotérmicos.

EG-6

GEOMETRÍA DEL BASAMENTO AL SUR DE LA CUENCA DE SANTA LUCÍA A PARTIR DE DATOS GRAVIMÉTRICOS Y MAGNETOTELÚRICOS

Corbo Fernando¹, Ramos Julián², De los Santos Jorge³ y Rodríguez Pablo⁴
¹Centro de Geociencias, UNAM
²Departamento del Agua, CENUR LN, Universidad de la República, Uruguay
³Departamento Hidrología Subterránea, IMFIA, Universidad de la República, Uruguay
⁴Exploración y Producción, Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland (ANCAP), Uruguay
fercorbo@geociencias.unam.mx

La Fosa Tectónica del Río Santa Lucía se ubica en el sector austral de la República Oriental del Uruguay, tiene una extensión de casi 12,000 km² y exhibe una geometría ligeramente romboidal. Corresponde a un depocentro de tipo pull-apart intracratónico (Rossello et al. 2001) que se separa y se propaga a través de los

planos principales de debilidad cortical exhibidos por el Cratón del Río de la Plata. Estudios sísmicos y algunos pozos exploratorios (Bossi, J. y Navarro, R., 1988; Veroslavsky et al., 2004; Rosello et al., 2018) indican que la base de la cuenca es muy variable y su relleno volcano-sedimentario puede ser muy potente en algunos sectores. Esta investigación se centra en el sector sudoccidental de esta cuenca, en las costas del río de la Plata, donde la mayoría de las referencias aluden al estudio del Sistema Acuífero Raigón (SAR), el cual es un valioso recurso hídrico del país. Por lo tanto, la profundidad de la investigación en este sector ha sido superficial y el perfil sedimentario hasta la base de la cuenca es mayormente desconocido. Con el afán de tener conocimiento del basamento y del relleno sedimentario que lo sobreyace en la zona de estudio, reconocer la posible existencia de acuíferos profundos, su desarrollo y la factibilidad de termalismo debido al gradiente geotérmico del país (promedio estimado 30 °C/km, Cernuschi, 2014; Morales et al., 2020) se realizaron campañas de exploración geofísicas. En particular, se adquirieron y procesaron 121 estaciones gravimétricas y diez sondeos magnetotelúricos (MT) que indican que, en la zona de estudio, la cuenca se profundiza hacia el E-NE, alcanzando espesores sedimentarios que exceden los 1000 m hacia el mínimo de la anomalía de Bouguer. Por lo tanto, acuíferos profundos podrían albergar aguas termales, cuya temperatura estaría aproximadamente en el rango de 35 a 45 °C. Para la inversión de los datos MT se utilizó el código ModEM (Egbert et al., 2012; Kelbert et al., 2014), en un rango de frecuencias entre 104 a 10⁻¹ Hz, el cual corresponde una profundidad de exploración de 3 km aproximadamente. Proyecto: IPGH Geof 06/2015

EG-7

THE COMPLEX APPARENT RESISTIVITY TENSOR (CART), A 3D-MT RESISTIVITY MODEL FROM CEBORUCO VOLCANO AND NEW EXPLORATION INSIGHTS FOR THE TEPIC ZACOALCO RIFT: THE DEMITZ PROJECT

Castro César Daniel¹, Hering Philip¹, Junge Andreas¹, Brown Colin², González-Castillo Lourdes³ y Corbo Fernando⁴
¹Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Geowissenschaften
²Ryan Institute, National University of Ireland
³Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada
⁴Centro de Geociencias, UNAM
 castro@geophysik.uni-frankfurt.de

During a field campaign in 2016, 25 broadband stations were installed at the Ceboruco volcano, covering its crater, calderas and foreland (10 km x 10 km measurement area). The research objective was to determine the electrical conductivity distribution and to characterize the deep structure and the geothermal potential of the volcano. We present processing results using the novel Complex MT Apparent Resistivity Tensor (CART, Brown, 2016; Hering et al., 2019). The tensor provides information from magnitude and direction of subsurface resistivity structures, and significantly facilitates the interpretation of MT data sets (Hering et al., 2019). Additionally, we introduce a new way to plot the tensor ellipses, which brings distinct improvements regarding the visualization and interpretation of the CART invariants. The CART was incorporated into the ModEM inversion code (Hering et al., 2019), and its performance was compared to results derived from conventional inversion parameters (Z and PT). Their synthetic inversion study (oblique conductor model, Tietze et al., 2015) reveals an enhanced sensitivity to horizontal and vertical resistivity contrasts. Here, results from a 3-D isotropic joint inversion of the CART and Tipper vectors is presented for the Ceboruco data set. Data and inversion results strongly suggest influences due to electrical anisotropy for periods longer than 10 s. Since there is no anisotropic 3D-MT inversion code, a framework to test for the anisotropy hypothesis was designed by incorporating the inversion results into the COMSOL Multiphysics® environment. The 3-D forward model extends the inversion results by an anisotropic layer at greater depth and significantly improves the misfit between observed and calculated data. We relate the geological interpretation of the anisotropic layer to the separation between the North American Plate and the Jalisco Block, and the extensional dynamics in the Tepic-Zacoalco Rift (TZR). To integrate the existing local model in the large-scale tectonic setting, a multinational project, which was recently funded by the German Research Foundation (DFG), will be carried out during late 2020/early 2021. The aim of the DEMITZ project (mid-to-deep electromagnetic investigation of the NW portion of the TZR) is to obtain a regional resistivity model, characterize the deep tectonic structure of the TZR and to evaluate the spatial distribution of the proposed anisotropy for the Ceboruco volcano.

EG-8

ESTUDIO DE EFECTOS TOPOGRÁFICOS EN DATOS MAGNETOTELÚRICOS MEDIANTE EL MODELADO 3D

Ruiz Aguilar Diego¹ y Gallardo Romero Erik²
¹Cátedras Conacyt-CICESE
²CICESE
 druiz@cicese.mx

Debido a que diversos objetivos de interés en el subsuelo se encuentran en áreas con topografías abruptas, es recurrente que los modelos geoelectrónicos generados a partir de observaciones magnetotelúricas que se realizan en zonas con tales características contengan artefactos generados por la inversión, ocasionando así interpretaciones erróneas. Diversos estudios se han enfocado a investigar el efecto

topográfico en las respuestas magnetotelúricas para medios bidimensionales, sin embargo, son pocos los trabajos que han considerado medios en 3D. Lo anterior se debe a que apenas en los últimos años existe la disponibilidad del uso de algoritmos de modelado directo e inverso 3D para la comunidad académica (e.g., ModEM). La mayoría de estos algoritmos resuelven las ecuaciones de Maxwell utilizando la técnica de Diferencias Finitas (DF), por lo que al usar mallas rectilíneas para representar el dominio de interés, es difícil representar la topografía de manera correcta. Por eso, es importante tener algoritmos de modelado magnetotelúrico 3D que utilicen la técnica de Elementos Finitos (EF), en donde las mallas para representar los dominios pueden ser construidas con tetraedros, permitiendo así una representación más cercana a la realidad de la topografía de zonas de interés. Son pocos los algoritmos de modelado magnetotelúrico en 3D con EF (e.g., Nam, 2007; Farquharson y Miensoop, 2011), además que no están disponibles para la comunidad académica. Una herramienta bastante socorrida para realizar el modelado directo 3D con EF es COMSOL Multiphysics, sin embargo, el costo de la licencia es bastante alto, por lo que no todas las Universidades o Centros de Investigación pueden tener acceso a este programa. Es por esto que, recientemente en el CICESE se desarrolló un algoritmo de modelado magnetotelúrico en 3D con la técnica de EF (Gallardo-Romero y Ruiz-Aguilar, 2020*). En el presente trabajo se aplica este nuevo algoritmo para estudiar el efecto topográfico en datos magnetotelúricos adquiridos en la zona geotérmica de Los Humeros dentro del marco del proyecto GEMex. Tomando en cuenta la topografía real de la zona de estudio, se calculan y evalúan las respuestas magnetotelúricas para la configuración espacial de los sitios adquiridos, considerando diferentes modelos sintéticos 3D. Posteriormente, se utilizan los datos sintéticos obtenidos a partir del algoritmo de EF para realizar procesos de inversión 3D empleando un algoritmo implementado con DF (ModEM). De esta manera, se mostrará la deficiencia de utilizar mallas rectilíneas en zonas con topografía abrupta, como en Los Humeros, y se identificarán posibles artefactos que la inversión 3D con DF puede generar. *Por favor, se les invita a atender la presentación sobre la implementación de este nuevo algoritmo cuyo título es: Comparativo de elementos hexaédricos y tetraédricos de orden superior en el modelado 3D de datos magnetotelúricos, la cual se expondrá en la sesión de Modelación de sistemas geofísicos.

EG-9

INVERSIÓN TRIDIMENSIONAL DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE OJOS NEGROS, B.C.

García Suárez Erick, Ruiz Aguilar Diego y Romo-Jones José Manuel
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
 erickgarcia@cicese.edu.mx

El último estudio geofísico realizado en el valle de Ojos Negros (Baja California), se llevó a cabo en 2013, en donde a partir de datos eléctricos obtenidos con el método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) se generó un modelo de resistividades que fue correlacionado al acuífero de la región. Por otro lado, la CONAGUA reportó una disponibilidad media anual negativa de agua subterránea para el año 2015 en el acuífero del valle de Ojos Negros, lo cual indica que hay un uso intensivo del recurso hídrico. Por este motivo y dado que ha pasado un tiempo considerable desde el estudio mencionado, a finales del 2019 se realizaron dos campañas de levantamiento de datos magnetotelúricos (MT) y audio-magnetotelúricos (AMT) para así definir las unidades geoelectrónicas relacionadas al acuífero y conocer su disposición actual. Los datos MT y AMT fueron utilizados para realizar inversiones en 1D, 2D y 3D. Dado que la inversión 3D de datos MT-AMT es un problema inverso bastante mal condicionado, se utilizaron distintos parámetros de entrada para analizar e identificar cuáles arrojan los resultados más plausibles. Además, 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 tridimensional de los datos MT y AMT adquiridos en el valle de Ojos Negros y su correlación con las unidades hidrogeológicas del acuífero en cuestión.

EG-10

MODELADO 1D Y 3D DE DATOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE DE AXAYACATL, BAJA CALIFORNIA

Mireles Arellano Fernando y Ruiz Aguilar Diego
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
 fmireles@cicese.edu.mx

La Ciudad de Ensenada, Baja California presenta problemas de escasez de agua debido al crecimiento exponencial de la población durante los últimos años, por lo que la necesidad de satisfacer el abastecimiento de agua potable se ha convertido en todo un reto. La mayor parte del agua que se utiliza en la ciudad proviene de pozos y norias ubicados en puntos estratégicos de extracción de los acuíferos Ensenada y Maneadero, los cuales presentan una explotación intensiva de acuerdo con el último informe proporcionado por la CONAGUA en 2018. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es proponer una zona de extracción que contribuya a satisfacer la demanda de agua. Para estudiar la estructura del subsuelo y su posible correlación con las unidades hidrogeológicas del acuífero del valle

de Axayacatl (Baja California) se adquirieron datos audiomagnetotelúricos (AMT) y transitorios electromagnéticos (TEM). Primeramente, realizamos; el modelado inverso unidimensional de los datos adquiridos utilizando las técnicas de Occam y Marquardt. Se presentará un análisis de la resolución de parámetros de los modelos inversos obtenidos para evitar interpretaciones erróneas. Los modelos inversos unidimensionales serán correlacionados con las unidades hidrogeológicas del acuífero. Finalmente se mostrará estudios de modelado tridimensional de los datos AMT.

EG-11

IMPORTANCIA DEL ESTIMADOR GEOESTADÍSTICO: VARIOGRAMA; EN EL CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESTÁTICO DE YACIMIENTO

Arias Izquierdo Jafet, Cuevas Barajas Kevin Eduardo y Belmares Servín Jonathan
 IPN ESIA Unidad Ticomán Ciencias de la Tierra
 jafetarias3@gmail.com

La aplicación de la geoestadística en el marco de la caracterización estática de yacimientos en un concepto que ayuda en la distribución espacial a nivel regional y local de propiedades petrofísicas en un yacimiento, para lo cual es importante considerar la adecuada aplicación de las herramientas de las cuales dispone la geoestadística, tal es el caso del variograma y el método de interpolación kriging, ya que permiten analizar, estimar y cuantificar la distribución de propiedades en el subsuelo, mediante la ponderación y la caracterización de la variabilidad de los datos disponibles. En el presente trabajo, se analiza y discretiza la importancia e influencia de las herramientas de las cuales dispone la geoestadística en la construcción de un modelo estático de yacimiento, considerando la modelación (ajuste) de los variogramas y distribución espacial a través del kriging, que en su conjunto permitieron generar un modelo geológico-estructural representativo de un área de interés.

EG-12

ESTUDIO DE CONDUCCIÓN DE FLUIDOS EN MEDIOS POROSOS Y FRACTURADOS APLICANDO DIGITAL ROCK PHYSICS (DRP)

De la Rosa Maldonado Jonathan¹ y Vega Sandra²
¹Instituto Politécnico Nacional, IPN
²UNAM
 joni_metroid@hotmail.com

El flujo de fluidos en rocas volcánicas es de gran interés en campos geotérmicos. Sin embargo, aún no se entiende a profundidad el efecto de la geometría y/o topología del espacio poroso en la transmisión de fluidos, en estas rocas. Con el propósito de identificar la influencia de la geometría de los poros en la transmisión de fluidos (permeabilidad) en rocas volcánicas, en el presente trabajo se estimó la porosidad, la permeabilidad, número de Euler y tortuosidad en siete rocas volcánicas pertenecientes a distintos afloramientos del Complejo Volcánico Los Humeros (CVLH). Para ello se adquirieron imágenes de microtomografía (μ -CT) a diferentes resoluciones (26,10 y 3 $\mu\text{m}/\text{voxel}$). Auxiliadamente se empleó la técnica "Pore Network Model" (PNM) la cual nos facilitó hacer una caracterización simplificada de la geometría de la estructura de los poros. Esto nos permitió obtener otras características del medio poroso como: el diámetro de los poros y el diámetro de las gargantas, entre otras. Además, fue posible estimar la permeabilidad a través de esta nueva red. La metodología utilizada consta principalmente de cuatro pasos: 1) adquisición y procesamiento de imágenes 3D de los núcleos de roca a través del uso de microtomografía de rayos X, 2) diferenciación de los poros y matriz, 3) simulación y cálculo de la porosidad y permeabilidad y 4) caracterización de la geometría del espacio poroso. Como referencia utilizamos valores experimentales de porosidad y permeabilidad que comparamos con los estimados a partir de las imágenes de μ -CT (26,10 y 3 $\mu\text{m}/\text{voxel}$) y PNM. En nuestros resultados se observó que el espacio poroso no presenta conectividad a una resolución de 26 $\mu\text{m}/\text{voxel}$ y los valores de porosidad difieren fuertemente de los datos experimentales. Por otro lado, las porosidades obtenidas en las imágenes de 10 $\mu\text{m}/\text{voxel}$ de resolución se aproximan a las experimentales (53 % de diferencia relativa). Además cuatro de las siete muestras presentaron conectividad a esta resolución. En el caso de las imágenes de 3 $\mu\text{m}/\text{voxel}$ de resolución, las porosidades muestran una similitud mayor con las obtenidas experimentalmente (32% de diferencia relativa). Además, dos de las muestras no presentaron conectividad a esta resolución. Asimismo, encontramos que los modelos de PNM indican que: la dimensión del radio de los poros, la longitud de la garganta y el tamaño de la garganta pueden ayudar a diagnosticar si la permeabilidad es baja (<50 mD) o alta (> 100 mD). Conjuntamente, el número de Euler resultó ser un parámetro útil en la estimación global de la conectividad de cada una de las muestras. No obstante, este último parámetro resulta ser deficiente si se quiere conocer la geometría propia de los poros de las muestras estudiadas. Finalmente, corroboramos que la tortuosidad es un factor de correlación inversa, por decir, mientras aumenta la tortuosidad disminuye la permeabilidad y viceversa. Basados en los resultados obtenidos en este trabajo se recomienda integrar la microtomografía con otras técnicas de adquisición de imágenes, tal como el SEM, para conseguir una caracterización más detallada del espacio poroso.

EG-13

APLICACIÓN DEL MÉTODO GPR PARA EVALUAR LA FERTILIDAD DEL SUELO A PARTIR DE LA ESTIMACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y VALIDACIÓN MEDIANTE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA EN UNA PARCELA DEL MUNICIPIO DE CUYOACO, PUEBLA

González Hernández Julio Cesar, Lizardo Castro Cecilia,
 Morgado Carmona Luis Alberto y Cano Ayora Victor
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
 julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

En México se conoce que la agricultura es una de las actividades económicas más importantes país, por lo que se torna indispensable la verificación de suelos fértiles para la producción de insumos agrícolas. En este trabajo, el área de interés se ubica en el municipio de Cuyoaco, localizado dentro de la región fisiográfica de la cuenca de Libres-Oriental, en el estado de Puebla, y dentro de la cual, la actividad agrícola representa un uso del suelo en un 71% (INEGI,2009). Este proyecto, se realiza con el objetivo de demostrar que, mediante el método geofísico de Georadar (GPR, por sus siglas en inglés) se puede estimar el contenido de humedad en la zona de estudio con la finalidad de evaluar su fertilidad, por medio de las relaciones empíricas de Topp et al. (1980), propuestas entre permitividad y el contenido volumétrico de agua en el subsuelo. Los resultados serán validados por el método de tomografía eléctrica, así como por medio de la ecuación de saturación de Archie (Ward, 1990), mediante la cual se evaluará la porosidad del medio prospectado, con el fin de complementar la información obtenida por GPR. Se busca entender la aplicación de estos métodos indirectos en el sector agrícola, y continuar explorando la efectividad del método geofísico GPR en este tipo de estudios. Los alcances previstos de la aplicación de estos métodos en la agricultura consisten en favorecer y encontrar zonas óptimas para un mayor desarrollo agrícola de la región, así como sentar la base para propuestas de mejora de las zonas con menor retención de humedad.

EG-14

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN EL SECTOR SUR DE LA CUENCA DE CHICONTEPEC

Ávila Oscar y Corbo Fernando
 Centro de Geociencias, UNAM
 oavila@geociencias.unam.mx

Según la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), el pico de producción en México ha pasado su pico de producción petrolera en el año 2004 y a la fecha ha consumido aproximadamente el 81% de sus reservas probadas (1P) y el 57% de las reservas posibles (3P). Por dicha razón, la cuenca de Chicontepec es considerada por sus reservas probadas y posibles de importancia mayúscula para el desarrollo energético del país. Esta cuenca se ubica en la porción centro-oriente de la República Mexicana, sobre la planicie costera del Golfo de México, dentro de la provincia petrolera de Tampico – Misantla. Se conforma por grandes volúmenes de sedimentos arcillo-arenosos producto de múltiples flujos turbidíticos de abanicos submarinos en ambientes de aguas profundas (Bush, 1992). Dichos flujos son una gran fuente de hidrocarburos de muchos yacimientos alrededor del mundo, por lo que hacer una exploración y análisis de datos geofísicos en detalle de este sitio es prioritario. Ha sido investigada geofísicamente en diversas campañas de exploración sísmica por partes de empresas de exploración privadas y gubernamentales. Pero en dichas investigaciones, se han registrado grandes incertidumbres en sus mediciones e interpretaciones, ello se debe en gran medida a las intrusiones subvolcánicas y sills las cuales interrumpen y obstaculizan las señales sísmicas, debido a que actúan como reflectores que enmascaran la respuesta de dichas señales lateralmente y a profundidad (Grandis et al., 2004; Delpino et al., 2009; Pena et al., 2009; Pena, 2010). En este trabajo se presenta un análisis y un modelo preliminar 3D de resistividades eléctricas a partir de 65 sondeos magnetotelúricos de amplio espectro (BMT) en el sur de la cuenca de Chicontepec. En el cual se identifica la geometría del basamento de la cuenca y las principales anomalías dentro de los estratos sedimentarios seguramente debido a la presencia de fluidos, aceites, gas y/o salmueras. Para llevar a cabo este análisis, se dispone de información de pozos por parte de la CNH, a los cuales se realizaron sondeos paramétricos para correlacionarlos con la respuesta de los parámetros característicos de los sondeos MT. Para la inversión 3D se utilizó el algoritmo ModEM (Egbert y Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014). Proyecto CONACYT FC, N°1787.

EG-15

CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA DEL VOLCÁN CEBORUCO MEDIANTE PROSPECCIÓN MAGNETOTELÚRICA

Fuentes Arreazola Mario Alberto¹, Núñez Escribano Diana¹, Núñez Cornú Francisco Javier¹, Romo-Jones José Manuel², Ruiz Aguilar Diego³ y Calderón Moctezuma Armando⁴

¹Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVOC, Universidad de Guadalajara

²Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE

³Cátedras CONACYT-CICESE

⁴División de Geociencias Aplicadas, IPYCI
marioafar@gmail.com

El Ceboruco es un estrato volcán del Cuaternario localizado en el estado de Nayarit, cerca del límite Oeste del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, 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 geoelectrónica del Volcán Ceboruco y el posible sistema hidrotermal asociado, se realizó una campaña de prospección geofísica utilizando el método magnetotelúrico en noviembre de 2016 como parte del proyecto: Exploración sísmica pasiva y magnetotelúrica en los campos geotérmicos del Volcán Ceboruco y La Caldera de la Primavera, P24-CEMIEGEO. La campaña de exploración geofísica consistió en 24 estaciones de medición magnetotelúrica distribuidas en el cráter, laderas y base del edificio volcánico. Se utilizaron tres instrumentos de banda ancha, modelo ADU-07 del fabricante Metronix. La disponibilidad de equipos de medición permitió el registro simultáneo en por lo menos dos estaciones instaladas en sitios distintos. Las series de tiempo registradas fueron procesadas para determinar el tensor de impedancias utilizando la técnica de estación remota. Con base en el tensor de impedancias se calcularon las curvas de resistividad aparente y fase. Adicionalmente, se calculó el Tipper y el tensor de fases. Derivado del análisis cualitativo y cuantitativo de los datos magnetotelúricos se implementaron técnicas de modelado inverso 1D (Transformación de Bostick versus Occam), 2D y 3D (Gradientes conjugados no lineales). En este trabajo, se presentan algunos de los resultados más relevantes que 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-16

INVERSIÓN 3D DE LOS TENSORES DE FASES ESTIMADOS A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS ADQUIRIDOS EN ACOCULCO

Roque Pineda Luis Sebastian¹, Ruiz Aguilar Diego¹, Romo-Jones José Manuel¹ y Arango Galván Claudia²

¹CICESE

²UNAM

lroque@cicese.edu.mx

Uno de los problemas más recurrentes en el método magnetotelúrico es la distorsión galvánica, la cual es provocada por la presencia de pequeñas heterogeneidades cercanas a la superficie. En los últimos años ha habido un auge en el uso de métodos electromagnéticos para exploración geofísica, incluyendo el método magnetotelúrico, por lo que darle solución al problema de la distorsión galvánica se ha convertido en una prioridad. Uno de los efectos de la distorsión galvánica es el corrimiento estático, ocasionando que las curvas de resistividad aparente tengan un desplazamiento vertical, lo que puede llevar a interpretaciones erróneas. Para resolver el problema del corrimiento estático en los datos magnetotelúricos, comúnmente se aplican técnicas geofísicas adicionales (e.g., Transitorio Electromagnético), sin embargo, esto eleva los costos y complica la logística en la etapa de adquisición de datos. Las relaciones de fase entre los elementos del tensor de impedancias son inmunes a la distorsión galvánica, por lo que el tensor de fases parece tener la respuesta a este problema. Por otro lado, en los últimos años ha habido un gran avance en las técnicas de modelado directo e inverso 3D de datos magnetotelúricos, y existen trabajos en donde han realizado la inversión tridimensional de los tensores de fases. Algunos autores han reportado que para datos magnetotelúricos afectados por distorsión galvánica se obtiene un mejor resultado al realizar la inversión 3D de los tensores de fases que con la inversión de los tensores de impedancias. Sin embargo, estas conclusiones solo han sido demostradas con datos sintéticos. En este sentido, el presente trabajo se enfoca en la inversión 3D de los tensores de fases estimados a partir de datos magnetotelúricos adquiridos en el campo geotérmico de Acoculco y su resultado será comparado con el generado por la inversión 3D de los tensores de impedancias, los cuales han sido previamente corregidos por el efecto de corrimiento estático. De esta manera, se podrán analizar y evaluar las ventajas y desventajas de ambos esquemas de inversión 3D. Antes de trabajar con los datos observados en campo, se generaron datos sintéticos a partir de un modelo tridimensional con las características de un sistema geotérmico de alta entalpía (i.e., una capa de arcilla conductora sobre un núcleo resistivo), utilizando la misma configuración espacial de los sondeos adquiridos en Acoculco en el marco del proyecto GEMex. Posteriormente, se realiza la inversión 3D de los datos sintéticos generados y se evalúan los resultados. Finalmente, se muestra un resultado preliminar de la inversión tridimensional de los datos observados.

EG-17

GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA CALDERA LA PRIMAVERA MEDIANTE EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS GRAVIMÉTRICOS Y MAGNÉTICOS

Almaguer Joselin¹, López-Loera Héctor², Macías José Luis³, Saucedo Girón Ricardo³, Yutsis Vsevolod² y Guevara Randall²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

³Instituto de Geofísica, UNAM, Unidad Michoacán

joselin.almaguer@uaslp.mx

El principal objetivo de este estudio es desarrollar un modelo basado en las propiedades físicas de LP, como susceptibilidad magnética y contrastes de densidades, con este fin se realizó un análisis semi-cuantitativo para entender la estructura interna de la caldera La Primavera. Se identificó la presencia de numerosos contactos y diques mediante el modelado de anomalías de Werner, especialmente a lo largo de fallas como Río Caliente, La Gotera, Mesa Nejahuete y la fractura tipo anillo de la caldera. El análisis de lineamientos con el algoritmo "Tilt Derivative" sigue una tendencia regional de dirección NW-SE y W-E. El presente estudio identificó el anillo de falla a profundidad, la presencia de cuerpos intrusivos existentes a distintas profundidades dentro y fuera de la caldera (p.e. San Miguel, planillas y Tajo). Usando el análisis de la solución de Euler destacan áreas como el domo San Miguel al sur fuera de la caldera, con gran número de respuestas asociadas a cuerpos intrusivos ubicados a profundidades de #7.3 km. Algo similar ocurre por debajo del domo El Tajo y volcán Planillas con cuerpos ubicados a profundidades alrededor de los ~7.8 km. Las inversiones 3D de susceptibilidad magnética y gravimétrica muestran tres posibles cuerpos intrusivos principales por debajo de la estructura de LP ubicados al centro y sur del borde de la caldera. Esta investigación combinó información geofísica y geológica existente para definir la estructura interna de la caldera. Mediante el uso de datos magnéticos, gravimétricos y su correlación con información geológica-estratigráfica permitió delimitar la estructura interna de la caldera y regiones que sirven como fuente de calor

EG-18

DEDUCCIÓN DE FALLAS DEL BASAMENTO DE UN VERTEDERO DE DESECHOS CASEROS USANDO ANÁLISIS AVANZADO DE ANOMALÍAS DE GRAVEDAD Y MAGNÉTICAS

Alatorre Zamora Miguel Angel¹, Campos Enriquez José Oscar², Fregoso Becerra Emilia³ y Belmonte Jiménez Salvador Isidro⁴

¹Departamento de Ingeniería Civil, CUCEI, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

³Departamento de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara

⁴CIIDIR - Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional
alatorre2004@hotmail.com

Se reporta un estudio de los sistemas de fractura en el basamento del vertedero de residuos urbanos Matatlán de la ciudad de Guadalajara, cerca del borde occidental del cañón del Río Grande de Santiago (suroeste de México). El vertedero de Matatlán se desarrolló sobre rocas andesíticas y riolíticas. Las mediciones en afloramientos indicaron que los sistemas de fractura N-S (0-15 ° y 165-180 °), N45-90E, N105-135E afectan el basamento. El análisis estadístico (método micromagnético) de azimuts de isolíneas magnéticas indicó la presencia de dos grupos de lineamientos. El principal (N60-120E) tiene un máximo en N90-105E y un grupo secundario (N120-165E). Las anomalías de gravedad son caracterizadas por un grupo principal (N60-120E, con máximos en N60-75E y N105-120E), y uno secundario (N120-180E). Por lo tanto, existe una correlación entre buena y clara entre las orientaciones de fractura medidas y los lineamientos que presentan las anomalías de gravedad y magnéticas. Los resultados del método micromagnético son consistentes con las orientaciones de fractura y con los límites establecidos a través de técnicas de detección de bordes, como la derivada horizontal y el ángulo de inclinación, que representan los límites horizontales de los cuerpos fuentes de anomalías. Los lineamientos establecidos por medio de la deconvolución de Euler también son consistentes. Las deconvoluciones de Euler magnética y gravimétrica ayudaron a estimar la extensión de profundidad de los límites de las fuentes magnéticas y gravimétricas comunes, indicando la naturaleza de falla o contacto de estos lineamientos. Además, la deconvolución de Euler indicó pendientes de los límites de fuentes. La naturaleza de falla o fractura de los principales lineamientos fue finalmente confirmada por modelado directo cooperativo en 2D. Así, los lineamientos que delimitan una depresión hallada al norte se podrían caracterizar como fallas normales. En general, este estudio indica que es posible, basándose en datos de gravedad y magnéticos, caracterizar fracturas que afectan al basamento de un vertedero, un parámetro clave en estudios hidrogeofísicos. En particular, en este estudio, las estructuras inferidas se pueden asociar con fallamiento tectónico regional, que puede proporcionar trayectos para la migración de lixiviados fuera del vertedero, dando lugar a la contaminación del ambiente vecino. El estudio explica la presencia de una cascada de lixiviados hallada al NE del vertedero. Contenido de

metales pesados en muestras de esta cascada muestra que los lixiviados provienen del vertedero.

EG-19

RAIPY: A 2D RESISTIVITY MODELING AND INVERSION SOFTWARE

Corzo Pola Héctor Antonio¹, Tago Josué², Soto Alexander Víctor Manuel¹, Tejero Andrade Andrés¹, Escobedo Zenil David¹ y López González Aide Esmeralda²

¹UT Austin

²Facultad de Ingeniería, UNAM
hcorzopola@gmail.com

For several years, members of UNAM's community have been using commercial software to process and model DC resistivity data. We present preliminary results of RaiPy, a multi-platform software for direct and inverse modeling of 2D geoelectrical data with a friendly Graphical User Interface, that we have developed in Python 3.0 to serve as a low-cost alternative to work with DC resistivity data. In order to compute the apparent resistivities of the medium for any electrode configuration, RaiPy solves the Poisson equation employing the Finite Element Method (FEM) using a nodal basis with an arbitrary order of approximation. The latter is done effectively using a modal basis which is related with a nodal basis through the Vandermonde matrix. FEM also makes it easier for the end user to model topographic effects through unstructured meshes. For the resistivity data inversion, RaiPy uses the adjoint method to get an efficient computation of the gradient required to solve a forward and an adjoint problem. Since the Poisson equation is auto-adjoint, the FEM solver can be used to solve both problems. Once the gradient is computed, any gradient-oriented optimization algorithm can be used. In the near future, RaiPy will be used for geoelectrical studies, instead of commercial software, within the UNAM's community. Besides, it will work as a platform for research purposes.

EG-20

EL MÉTODO DEL ADJUNTO PARA EL CÁLCULO DEL GRADIENTE EN LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Tago Josué¹, Corzo Pola Héctor Antonio², Soto Alexander Víctor Manuel¹, Tejero Andrade Andrés¹, Escobedo Zenil David¹ y López González Aide Esmeralda¹

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²UT Austin

josue.tago@gmail.com

En exploración geofísica se buscan conocer las propiedades físicas de la Tierra de manera indirecta. Para lograrlo, generalmente se registra en la superficie libre un campo que se ha propagado a través del medio. Estos registros se utilizan para la reconstrucción del medio. Las propiedades del medio se modelan como parámetros de una ecuación diferencial parcial, los cuales tienen que encontrarse resolviendo un problema inverso. El método del adjunto es una herramienta muy poderosa para calcular el gradiente de nuestro problema de inversión de manera eficiente. Sin embargo, en la literatura observamos que no existe una metodología clara y que puede complicarse debido a notación matemática avanzada. Por lo anterior, se desarrolló una metodología clara, sencilla y general que puede aplicarse a cualquier problema de exploración geofísica. Se explicará esta metodología y se demostrará su potencial al aplicarla en dos problemas geofísicos de naturaleza totalmente distintas. El primero consiste en la reconstrucción de la cinemática de la ruptura sísmica utilizando registros de velocidad. Este problema implica la inferencia de una condición de frontera interna dependiente del tiempo que está ligada a una ecuación diferencial parcial hiperbólica. El segundo problema es reconstruir la resistividad del medio en prospección eléctrica. En este caso, nuestro parámetro está definido en todo el dominio y forma parte de una ecuación diferencial parcial elíptica.

EG-21

IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS DE IMPACTO EN LA CUENCA DE CHICXULUB, YUCATÁN, MÉXICO: UN ESTUDIO DE SINTONÍA SÍSMICA

Salguero Hernández Eduardo¹, Urrutia Fucugauchi Jaime¹ y Castellanos Acuria Maritssa del Carmen¹

¹Facultad de Ingeniería y Tecnología, UNACAR

²Instituto de Geofísica, UNAM
lalofis@hotmail.com

El cráter de Chicxulub, a pesar de ser ya un tema obligado en la educación básica y media básica para niños y jóvenes, es presentado como una estructura circular desde una vista en planta o simétrico en una sección transversal. En realidad, se ha propuesto que la cuenca sea circular porque la distribución gravimétrica muestra una geometría circular, sin embargo, las cuatro líneas sísmicas marinas, Chicx-A, Chicx-A1, Chicx-B y Chicx-C, adquiridas en 1996, revelan que el radio de la cuenca varía axialmente, así también, otras características estructurales como las terrazas y los anillos de fallas. En este contexto, cabe señalar que la distribución espacial de las unidades litológicas de impacto, entre ellas, las brechas y roca fundida, no ha sido resuelta con precisión ya que se carece de núcleos de pozo a profundidades

mayores de 2 km, las cuatro líneas sísmicas antes mencionadas presentan una difusa reflectividad lateral en el cráter interno y no existe adquisición sísmica tierra adentro. Por lo anterior, se presentan algunos resultados preliminares de un estudio donde se aplicaron los atributos sísmicos de Amplitud, Fase y Coherencia en las líneas de reflexión sísmica Chicx-B y Chicx-C para distinguir e identificar la distribución espacial de la brecha rica en carbonato (tipo bunte), la brecha rica en cuarzo (tipo suevita) y la roca fundida a lo largo de la cuenca de impacto y sus laderas. Las brechas fueron distinguidas a través de un análisis de sintonía sísmica, es decir, cada brecha fue iluminada con colores asociados a un efecto de resonancia para cierta banda de frecuencias. Los atributos de Fase y Coherencia complementaron el estudio para reconocer el límite espacial entre las litologías de impacto respecto de otras litologías como las rocas carbonatadas Mesozoicas y Cenozoicas, así como distintas características estructurales, entre ellas, el anillo de picos, el borde de la cuenca, las terrazas y anillos de fallas.

EG-22

MULTIVARIATE COPULA-BASED MODEL FOR PREDICTING PETROPHYSICAL PROPERTIES USING SEISMIC ATTRIBUTES AS SECONDARY VARIABLES

Le Van Huong¹, Díaz-Viera Martín A.², Vázquez-Ramírez Daniel¹ y Del Valle-García Raúl¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto Mexicano del Petróleo
levanhuong15011989@gmail.com

A new methodology for the prediction of spatially distributed petrophysical properties using elastic seismic attributes as secondary variables is presented. The method is based on copula function for the estimation of the joint probability distribution function. The proposed method can model linear and complex nonlinear dependency relationships between random variables in both parametric and nonparametric approaches. The main advantage is a very flexible tool to model dependency relationships. Therefore, it does not require linear dependence between random variables. This method is first validated in a 1-dimensional case at the well-log scale and it is applied in a 2-dimensional case at the seismic scale to predict petrophysical properties conditioned by elastic seismic attributes in a marine hydrocarbon reservoir located offshore Mexico. Additionally, an uncertainty analysis is performed.

EG-23

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA EN UNA UNIDAD HABITACIONAL SACUDIDA POR EL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 (MW 7.1)

Cárdenas-Soto Martín, Sánchez-González Jesús, Martínez-González José Antonio, Cifuentes-Nava Gerardo y Escobedo Zenil David

UNAM

martinc@unam.mx

El sismo del 19 de septiembre de 2017 afectó# considerablemente la zona sur de la Ciudad de México, específicamente, en la zona de transición se acentuaron algunos problemas de subsidencia local. A este tipo de zonas se asocia un alto peligro geológico debido a la presencia de fallas, agrietamientos, hundimientos, deslizamientos y derrumbes. La lección aprendida de este sismo mostro# que aún falta mucho por conocer, y es necesario la caracterización detallada para definir los sitios vulnerables que permitan reducir el riesgo sísmico-geológico. En este estudio utilizamos diversos métodos geofísicos para explorar el subsuelo de una Unidad Habitacional al sur de la ciudad de México. En el sitio, las viviendas empezaron a tener daños estructurales y la superficie del terreno presentó agrietamientos desde el año de 2012, problemas que se magnificaron después del sismo de 19.09.2017. Aplicamos tomografía eléctrica, sísmica de refracción, gravimetría y métodos de ruido sísmico ambiental. Los resultados muestran que las propiedades del subsuelo varían drásticamente tanto en la dirección lateral como en profundidad. En especial, resalta la presencia de una discontinuidad que divide a la zona en dos estructuras diferentes. Nuestras interpretaciones muestran que los daños observados se deben una serie de eventos conjugados que acentúan hundimientos diferenciales: a) irregularidad en la estructura y propiedades del subsuelo, b) sobreexplotación local de agua subterránea, y c) efectos de amplificación sísmica y dinámica que aceleran desplazamientos relativos durante movimientos sísmicos.

EG-24

INTERPRETACION DE UN PERFIL SÍSMICO DE GRAN ÁNGULO EN SUROESTE LOS ANDES DE MÉRIDA (VENEZUELA)

Ávila García Jesús Manuel¹, Mortera Gutiérrez Carlos¹, Schmitz Michael², Bandy William¹ y Yegres Luis³

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)

³Vase Sismica S.A.S
jesavila@gmail.com

Diversos trabajos e interpretaciones se han realizado en relación a la estructura cortical de los Andes de Mérida. Durante febrero y marzo del 2014, se llevó a la adquisición de 3 perfiles sísmicos profundos en la región occidental de Venezuela con una orientación perpendicular/oblicua al eje principal de Los Andes de Mérida. Este trabajo se enfoca en los resultados principales obtenidos en el Perfil Andes Sur, con una longitud aproximada de 495 km. El origen de Los Andes de Mérida siempre ha estado ligado indirectamente a interacciones de placas. El emplazamiento de los Andes de Mérida afectó la configuración actual de la cuenca antepais del occidente de Venezuela, al ser dividida en dos subcuencas: La cuenca de Maracaibo en el noroeste y la cuenca Barinas-Apure en el sureste. La adquisición se llevó a cabo en dos fases: en la primera se realizaron seis disparos grabados en un total de 576 sismómetros. En la segunda fase se otros seis disparos menores, registrados en 918 sismómetros. Con estos datos se construyeron secciones sísmicas con una alta relación señal/ruido a partir de las cuales se hace una interpretación de las fases sísmicas. Se usaron diferentes rangos de filtrado de frecuencia de paso de banda, generalmente tipo "Butterworth", dependiendo de la fase que se identificara: para las fases Pg, PmP y Pn se usó un rango de 5-12 Hz, 2-7 Hz y 0.5 a 5 Hz respectivamente. Se realizó un modelado de trazado de rayos usando la técnica de modelado directo iterativo. Las cinco capas que constituyen tanto el modelo inicial como el modelo final son: (1) sedimentos no consolidados Holoceno-Mioceno; (2) rocas consolidadas Cretácico-Jurásico; (3) corteza superior; (4) corteza inferior y (5) manto superior. La observación de patrones de los sismos sobre el modelo de velocidades, nos permite realizar una interpretación más eficiente de las posibles estructuras presentes en la corteza por debajo de Los Andes de Mérida en el perfil Andes Sur, las cuales en su mayoría podrían estar directamente relacionadas con las variaciones laterales de los gradientes de velocidad observados en la corteza superior del modelo, las cuales a su vez, pudieran ser consecuencia del régimen compresivo presente en la zona de estudio representando estructuras asísmicas. En el modelo de velocidades se interpretan dos cambios de velocidades entre 100 – 175 km y 355 – 425 km, los cuales no se asocian a ninguna estructura interpretada. Los mismos pudieran ser artefactos producto de la interpolación al realizar la inversión del modelo al ajustar los tiempos calculados, o debido a la parametrización del modelo inicial utilizado en el proceso de inversión. Se obtuvieron secciones sísmicas reducidas con una alta relación señal/ruido. Las secciones sísmicas, el modelado de trazado de rayos y el modelo de velocidad predefinido se construyeron utilizando una velocidad de reducción de 6 km/s, con información hasta 15 s. Se obtuvo un modelo predefinido de cinco capas en donde se interpreta la estructura cortical por debajo de Los Andes de Mérida.

EG-25 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN CON PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA POR LIXIVIADOS EN LA COMUNIDAD CORONEL TITO HERNÁNDEZ, PUEBLA

Velasco Casarez Leonardo, González Juárez Diego Armando, Guzmán García Rosalinda y Galindo Carrasco Esperanza
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC
leonardo.velasco@itsvc.edu.mx

Los sitios de depósitos de basura contienen y emiten sustancias que contaminan el suelo, la biosfera, las aguas subterráneas y superficiales. Uno de los principales problemas de los centros urbanos a nivel mundial, es el confinamiento y manejo de los residuos domésticos municipales (Sumathi et al., 2008). La contaminación se produce normalmente a causa de la incorporación en las aguas subterráneas de un lixiviado que lleva en disolución una serie de sustancias químicas. El objetivo del estudio es identificar las zonas con mayores potenciales de almacenamiento de lixiviados a través de Tomografías de resistividad eléctrica (TRE), cuya profundidad de prospección aproximada es de 24 m. El modelo geofísico evidencia el material mostrando la cobertera, los desechos no saturados, los desechos saturados con lixiviados y posiblemente el basamento sobre el cual se instaló el tiradero. Por tanto, la geoelectrónica permite determinar los espesores y distribución de los materiales para determinar la afectación de contaminación en los cuerpos de agua (pozos, ríos, lagos) cercanos a la zona. En este contexto, las consecuencias ambientales de la inadecuada disposición de los residuos es negativa para la salud de las personas y de los ecosistemas naturales. Por lo que este trabajo evalúa el impacto del lixiviado generado en el tiradero de Tito Hernández, Puebla, sobre la contaminación del agua superficial y subterránea, aplicando técnicas geofísicas.

EG-26 CARTEL

ESTUDIOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y DE MASW EN REYNOSA, TAMAULIPAS

Garza Rocha Daniel¹ y González Ibarra Natllely de Jesús²
¹Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León
²SA
danielgarzarocha151015@gmail.com

En el presente trabajo se presentan los resultados de los estudios de resistividad eléctrica y del análisis multicanal de ondas superficiales (MASW) para la determinación de la velocidad de ondas sísmicas P y S. Por un lado, el objetivo fue la determinación de la litología del subsuelo con base en los valores de la Resistividad Eléctrica y los valores de las velocidades de propagación de las ondas P y S, y por otro lado la determinación de los parámetros elásticos-dinámicos del subsuelo. El arreglo utilizado para la determinación de la Resistividad Eléctrica fue el Sondeo Eléctrico Vertical con el dispositivo Wenner, el equipo utilizado fue un SuperSting R1/IP. Para el levantamiento de los datos de Ondas Superficiales se utilizó un equipo cuyo modelo es un ES 3000 de 24 canales de la empresa geometrics y geofonos de 4.5 Hz, el tendido de los geofonos fue a lo largo de 46 metros de longitud, el intervalo entre geofonos fue de 2 metros y la fuente activa fue colocada a 9 y 15 metros del primer geófono para el tiro directo, y también a 9 y 15 metros del último geófono para el tiro inverso, dos tiros de cada lado.

EG-27 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA DIMENSIONALIDAD GEOELÉCTRICA DEL SUBSUELO A PARTIR DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES DISPUESTOS EN ARREGLOS PERPENDICULARES, PARA PROFUNDIDADES INTERMEDIAS

González Hernández Julio César, Sánchez Fernández Paulina, Castro Márquez Christian Rafael y Osorio Salamanca Víctor Jair
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

En la práctica de la prospección geoelectrónica, existen métodos como el Magnetotélurico (MT), que nos ayudan a identificar de manera más efectiva y rápida la dimensionalidad de un medio geológico mediante el modelo de resistividades correspondiente, sin embargo no siempre es posible contar con los recursos necesarios para llevar a cabo esta metodología, ni sus variantes, sobre todo si se trata de objetivos de exploración a profundidades intermedias para un método electromagnético (~50 – 200 m). Por otra parte, los sondeos eléctricos verticales se aplican generalmente bajo la suposición de que el medio está uniformemente estratificado, como un medio 1D, y dado el caso de que esto no se cumpla, se pueden tener errores de interpretación de la distribución espacial del objetivo de prospección, más aún si no existe una correlación con algún otro método de prospección, por no elevar el costo de un estudio geofísico. En el presente trabajo se realizará un análisis de modelos de resistividad eléctrica a partir de sondeos eléctricos verticales, cuyos tendidos eléctricos, se dispondrán en pares perpendiculares sobre puntos de atribución en común, con la finalidad de evaluar la dimensionalidad del comportamiento eléctrico del subsuelo bajo los puntos sondeados de manera correcta, a profundidades intermedias, y definir si su comportamiento es análogo a un medio de capas (1D), o si es más parecido a un medio heterogéneo (2D o 3D). El alcance en este trabajo no sólo se limita a realizar una comparación de curvas de resistividad obtenidas en los mismos puntos de atribución, bajo la premisa de que no debería variar su comportamiento teniendo en cuenta la suposición de un subsuelo 1D, sino también una variante de interpretación conjunta entre los dos tipos de datos eléctricos: con el tendido de cables en una dirección, y de su recíproco perpendicular, simulando las componentes de los transversos eléctricos y magnéticos (TE y TM) en el método MT. Para lo anterior será empleado el software WilngLink™, propiedad de Schlumberger. Los SEVs de prueba correspondientes se realizaron en un predio ubicado al Noreste de la ciudad de Puebla.

EG-28 CARTEL

ESTUDIO GRAVIMÉTRICO DE LA REGIÓN DE GUAYMAS, SONORA, MÉXICO: CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS ASOCIADAS AL PROTO-GOLFO DE CALIFORNIA

González Fierro Juan José¹, Martínez Retama Silvia¹, Vidal Solano Jesús Roberto¹, Vega Granillo Ricardo¹ y Campos Enriquez José Oscar²
¹Universidad de Sonora
²UNAM
jffierro65@gmail.com

El área de estudio se localiza en la porción costera Centro-Sur de la región de Guaymas, Sonora, México. El objetivo de este estudio es caracterizar las principales estructuras del subsuelo y proponer una asociación tectónica relacionada al evento Proto Golfo de California. Debido al avance que se obtiene en superficie por estudios geológicos-estructurales, se han propuesto fallas laterales maestras las

cuales pueden explicar el estilo de deformación del área de estudio. En esta área, es difícil evidenciar las estructuras geológicas mayores a causa de una potente cobertura sedimentaria que se encuentra en forma de una cuenca conocida como Graben de Empalme, el cual juega un rol importante en la asociación tectónica del evento Proto Golfo de California. Estudios geofísicos previos han caracterizado zonas aledañas a la zona de estudio y han propuesto estructuras relacionadas a las fallas transformantes del Golfo de California, las cuales comparten una naturaleza de fallas dextrales con un rumbo de N ~50° W. Además, estas fallas son cortadas por fallas N-S las cuales forman sub-cuencas. El comportamiento del Graben de Empalme incluye una particularidad importante, se trata de un volcanismo de carácter toleítico fechado en estudios previos entre 10 a 8.5 Ma. También se reporta la presencia de intrusivos hipabisales de edades ~11 Ma. Estas rocas presentes son controversiales debido a su posición dentro de la cuenca. Con base en las fallas laterales maestras que se han propuesto, similares a las fallas transformantes del Golfo de California, se puede esperar un comportamiento similar dentro del Graben de Empalme y proponer un límite tectónico asociado al Proto Golfo de California. En este trabajo se procesaron datos de la Anomalía de Bouguer completa medidos por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con los cuales se generó una base de datos del área de estudio. Con dicha información se obtuvo el mapa de anomalía de Bouguer completa. La separación de la anomalía regional-residual se llevó a cabo a partir de un análisis espectral. Posteriormente se aplicaron varios filtros con la finalidad de enfatizar rasgos geológicos presentes en el área. Finalmente se aplicó el método de Deconvolución de Euler para determinar la ubicación y profundidad de las fuentes causantes de las anomalías. Los resultados obtenidos se correlacionaron con la geología del área de estudio, con lo cual se propuso un modelo estructural del área.

EG-29 CARTEL

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN CUALITATIVA DE ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS EN LOS SECTORES NORTE-CENTRO DEL ESTADO DE SINALOA

González Bojorquez Gabriela, Fuentes Arreazola Mario
Alberto y Quinteros Cartaya Claudia Beatriz Mercedes
Universidad de Guadalajara, UDG
gabriela_gbo@hotmail.com

El método gravimétrico de exploración geofísica tiene como fundamento medir y analizar las variaciones de la componente vertical de la aceleración de la gravedad relacionadas principalmente con los contrastes de densidad de las rocas y estructuras geológicas presentes en el subsuelo. Con el objetivo de estudiar la configuración geológica a escala regional en los sectores Norte-Centro del estado de Sinaloa, en una primera etapa se hizo la compilación de datos gravimétricos disponibles en recursos electrónicos de libre acceso: Estaciones gravimétricas de la Red Geodésica Nacional Pasiva del Instituto de Información de Estadística y Geografía (INEGI) e International Gravimetric Bureau (IGB). A partir de la base de datos integrada se realizaron mapas de gravedad observada, anomalía de Bouguer simple, anomalía de Bouguer completa, anomalía regional y anomalía residual local de la región de estudio. Con base en los mapas realizados se determinó que la gravedad observada varió en el rango de 978790 a 979040 miligales (mGal). El valor máximo de gravedad observada dentro de la zona de estudio fue de 979040 mGal y se localizó en el sector Norte en el municipio de El fuerte y en la región del valle costero del municipio de Ahome. El valor mínimo fue de 978790 mGal y se asoció a la zona montañosa en el sector Centro del estado cercano a la ciudad de Culiacán y municipio de Badiraguato. Con respecto a la anomalía de Bouguer completa, considerando los datos de INEGI, el rango de variación dentro de la zona del estado fue de -110 a 10 mGal. El valor máximo en la región de estudio fue de -10 mGal y se relacionó con prácticamente toda la región de valles costeros de los sectores Norte y Centro del estado de Sinaloa. El valor mínimo fue de -110 mGal y mostró relación con la zona serrana de Sinaloa. Mientras que, considerando los datos de IGB la anomalía de Bouguer mostró un rango de variación de -120 a 330 mGal. El valor máximo se localizó en la región del Golfo de California frente a las costas de Sinaloa. En zona continental, el valor máximo fue de hasta 140 mGal en el sector Noroeste cercano a la costa. El valor mínimo fue de aproximadamente 20 mGal y se relacionó con la región de la sierra madre occidental correspondiente al estado. Los resultados preliminares de este trabajo representan el marco de referencia para realizar la interpretación cuantitativa de las estructuras geológicas responsables de las variaciones de la aceleración de la gravedad en los sectores Norte-Centro del estado de Sinaloa.

EG-30 CARTEL

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RELLENOS GRANULARES MEDIANTE MÉTODOS NO INVASIVOS APLICADOS A CONSTRUCCIONES EN LA REGIÓN DE AGUASCALIENTES AGUASCALIENTES MÉXICO

Maldonado Arévalo Andrea
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
ama.ic@outlook.com

La protección a las obras patrimoniales es un tema multidisciplinar, en éste trabajo, se abordan tópicos de geofísica aplicada para la explicación de estructuras

internas de edificaciones tal como monumentos considerados patrimonio histórico en el estado de Aguascalientes, basándonos en un modelo construido a base de piedra riolita y mortero, con una cavidad interna en donde se emplearon diferentes materiales de relleno. Se plantea el desarrollo de una metodología para la caracterización de las propiedades físicas y eléctricas de los materiales presentes en el relleno debajo de la superficie de rodamiento de este modelo, para lo cual la aplicación y combinación de métodos en su modalidad no destructiva, como lo son el de georradar terrestre (GPR) y el método de tomografía de resistividad eléctrica (TER), son la mejor opción para poder explicar la presencia y comportamiento de dichos materiales. En específico el uso de la resistividad eléctrica mediante electrodos no invasivos en un arreglo Dipolo-Dipolo de modalidad manual en comparativa con un sondeo de georradar obtenido con una antena de 1600 Hz de 1.20 m de profundidad. En los resultados obtenidos se permite la evaluación de algunas estructuras presentes en el estrato analizado de acuerdo a sus características y a los valores obtenidos en los perfiles de resistividades aparentes y en los radargramas respectivamente. Es mediante la aplicación de esta metodología que se pretende detectar riesgos potenciales futuros en las construcciones, para que posteriormente, y en conjunto con instituciones dedicadas al mantenimiento de las mismas poder crear un plan de rescate adecuado a las necesidades solicitadas por el monumento en cuestión. Dando así un mejor panorama para la conservación del patrimonio edificado en la región de Aguascalientes.

EG-31 CARTEL

MEDICIÓN DE VIBRACIONES DINÁMICAS DE LA PRESA "ROSENDO SALAZAR"

Sosa Rivera Orlando¹, Rojas Noguez José de Jesús¹ y Castillejos Nuñez Jorge²
¹Vase Sísmica
²CONAGUA
orlandossra@gmail.com

Con la finalidad de conocer las propiedades dinámicas de la presa, tales como frecuencias y períodos naturales de la cortina, se optó por una instrumentación sísmica que consta de 3 acelerógrafos, dos en los márgenes de la cortina y uno en el centro, con ello puede ser corroborado con datos obtenidos del diseño.

Sesión regular

FÍSICA ESPACIAL

Organizador:

Juan Américo González Esparza

FE-1

LABORATORIO NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL: INVESTIGACIÓN APLICADA EN TEMAS DE SOBERANÍA Y SEGURIDAD NACIONAL

González Esparza Juan Américo¹, Aguilar Rodríguez Ernesto¹, Corona Romero Pedro¹, Sergeeva Maria¹, González Méndez Luis Xavier¹, Mejía-Ambriz Julio César¹, González Avilés José Juan¹, Andrade Mascote Ernesto¹, Villanueva Hernández Pablo¹, Romero Hernández Esmeralda² y Pérez Tijerina Eduardo²
¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Laboratorio Nacional de Clima Espacial, UANL
 americano@geofisica.unam.mx

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) desarrolla y opera redes de instrumentos para medir los efectos de los eventos de la actividad solar sobre el entorno cercano de la Tierra y sus repercusiones sobre el territorio nacional. Una tormenta solar es un evento explosivo en la superficie del Sol que se puede manifestar como: un intenso estallido de luz (fulguración solar), aceleración de partículas a velocidades relativistas (evento de partículas energéticas solares), y la expulsión de una nube de materia y campo magnético de la atmósfera de la estrella (eyección de masa coronal). Estos tres eventos producen diferentes afectaciones sobre el entorno espacial de la Tierra y pueden degradar y dañar la operación de sistemas tecnológicos indispensables (satélites, telecomunicaciones, sistemas de posicionamiento global, navegación aérea, y redes de generación y distribución de energía eléctrica, entre otros). El LANCE, a través de su servicio de clima espacial (SCIESMEX) proporciona un sistema de alerta temprana de eventos de actividad solar al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Desarrolla con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) un estudio para valorar la vulnerabilidad de la red eléctrica nacional ante eventos de clima espacial. Desarrolla también una red de instrumentos para monitorear el estado de la ionosfera y afectaciones a las telecomunicaciones sobre el territorio nacional. Las observaciones de las redes del LANCE son datos estratégicos en términos de soberanía y seguridad nacional.

FE-2

DESARROLLO DE LA RED NACIONAL DE ESTACIONES GEOMAGNÉTICAS: AVANCES Y RETOS

Corona Romero Pedro¹, Romero Hernández Esmeralda², Caraballo Ramón³, González Esparza Juan Américo¹, Sergeeva Maria¹, Aguilar Rodríguez Ernesto¹, González Avilés José Juan¹, Mejía-Ambriz Julio César¹ y González Méndez Luis Xavier¹
¹Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, SCIESMEX / IGUM-UNAM
²LANCE/FCFM-UANL
³Posgrado en Ciencias de la Tierra/IGF-UNAM
 piter.cr@gmail.com

El campo magnético brinda información fundamental para una variedad de estudios y aplicaciones geofísicas. En el caso particular del Clima Espacial, las manifestaciones regionales del campo magnético resultan indispensables, por ejemplo, en el caso de tormentas geomagnéticas o de corrientes geomagnéticamente inducidas. Por este motivo, el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), en colaboración con el Servicio Magnético (SM), ambos del Instituto de Geofísica (IGF) de la UNAM, se han fijado el objetivo de desarrollar una red nacional de estaciones magnéticas en México. En la actualidad, el SM cuenta con el Observatorio Magnético de Teoloyucan, ubicado en el centro del país. Sin embargo, en el mediano plazo, se espera contar con cinco estaciones geomagnéticas adicionales distribuidas en nuestro país. En este trabajo presentamos el plan para lograrlo y los retos que se avecinan.

FE-3

RESPUESTA LA RED DE ALTA TENSIÓN DE MÉXICO A TORMENTAS MAGNÉTICAS MODERADAS Y FUERTES

Caraballo Ramón¹, González Esparza Juan Américo², Sergeeva Maria³ y Ramírez Pacheco Carlos⁴
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica
²SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
³CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
⁴Gerencia de Ingeniería Especializada, CFE
 rcaraballo@igefisica.unam.mx

Continuamos nuestro análisis del impacto de las corrientes inducidas geomagnéticamente (CIG o GIC en inglés), en la red eléctrica de alta tensión de México. Las CIG se han convertido en una amenaza a la integridad de los sistemas de alta tensión en baja latitud inclusive a medida que crece el grado de interconexión entre diversas redes eléctricas nacionales. Este es uno de los efectos mas notables del Clima Espacial a nivel de la superficie terrestre que puede implicar grandes pérdidas socio-económicas en el caso de un fallo masivo en el sistema de transmisión eléctrica. En el marco de colaboración que mantenemos desde 2018 entre la Gerencia de Ingeniería Especializada de CFE y el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE). Nos hemos dedicado el estudio y modelado de corrientes inducidas geomagnéticamente (CIG) en la red de 400 kV del Sistema Eléctrico Nacional de México (SEN). Desde Febrero de 2019 tenemos instalado

un sensor de CIG en la subestación de potencia localizada en Querétaro. Dicho sensor está instalado sobre el neutro del banco Nro. 1 de Transformadores de 400 kV. Durante este año está prevista la instalación de sensores en la subestación de Riviera Maya y en la central nucleoelectrónica de Laguna Verde. En el presente trabajo analizamos la respuesta de la red de eléctrica actual de 400 kV del SEN para todos las tormentas geomagnéticas del ciclo solar 23 y 24 con (Dst # -90 nT). Adicionalmente comparamos las estimaciones con los datos medidos en la subestación Querétaro Potencia. Este estudio nos permite inferir una línea de base para las intensidades de CIG de forma de discriminar la corriente de CIG respecto de otras componentes de corriente fortuitas en el circuito de HV y generar un mapa de las regiones de la red mas propensos sufrir CIG intensa, usando como indicadores el módulo del campo geoelectrónico inducido en superficie y las intensidades medias de CIG para cada subestación en función de la severidad de la tormenta geomagnética. Palabras Clave: Clima Espacial, Corrientes Inducidas Geomagnéticamente, Redes de Alta Tensión.

FE-4

DIGITALIZACIÓN DEL RADIOTELESCOPIO MEXART DEL LANCE: NUEVAS POSIBILIDADES PARA ESTUDIOS DEL MEDIO INTERPLANETARIO Y RADIOASTRONÓMICOS A 140 MHZ

Mejía-Ambriz Julio César¹, Aguilar Rodríguez Ernesto², González Esparza Juan Américo¹, Andrade Mascote Ernesto³, Villanueva Hernández Pablo⁴, Chang Oyuki⁵, Romero Hernández Esmeralda⁶, Espinosa Jiménez Adán⁷ y De la Luz Víctor⁸
¹Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
³Rutherford Appleton Laboratory Space, United Kingdom
⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas
⁵Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia, UNAM
 jmejia@geofisica.unam.mx

El Mexican Array Radio Telescope (MEXART), del Instituto de Geofísica de la UNAM, es un instrumento del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) que observa el cielo a una frecuencia central de 140 MHz. Este radiotelescopio está ubicado en Coeneo, Michoacán, y cuenta con una antena compuesta de un arreglo rectangular de dipolos que cubre 9800 m². Desde el año 2005 al 2019, el MEXART ha estado dedicado principalmente para estudios de viento solar mediante observaciones de centelleo interplanetario. Contaba con un sistema analógico para hacer una formación de 16 haces fijos en el meridiano local. A partir del 2020, el sistema de formación de haces y en general el back-end del MEXART se ha digitalizado mediante tecnología FPGA para estar en el estado del arte en adquisición de datos de radio. Con la digitalización se cuenta con 64 haces, 63 apuntando a distintas declinaciones fijas al meridiano local y un haz libre que se puede apuntar a cualquier declinación. Los haces pueden observar simultáneamente y aprovechando la rotación de la Tierra, MEXART opera como instrumento de tránsito que puede barrer el radio cielo en 1 día. Se amplió el ancho de banda de 2 MHz a 12.5 MHz, el nuevo ancho está compuesto de 512 canales de 25 KHz que pueden ser seleccionados para poder operar con distintos anchos de banda, y en su caso eliminar interferencias en algunas bandas. El nuevo sistema digital permite también tomar muestras con tiempo de muestreo de hasta 1ms. En este trabajo mostramos diferentes estudios radioastronómicos que ahora se pueden explorar en la banda de 133.5 a 145 MHz con el MEXART. Además de centelleo interplanetario, ahora se pueden incluir diversos estudios de impacto en el clima espacial como estallidos solares (solar radio bursts), seguimiento de regiones activas solares en radio y centelleo ionosférico. En estudios radio astrofísicos en general como identificación y seguimiento de pulsares, reconocimiento de estallidos rápidos de radio (fast radio bursts), elaboración de un catálogo de objetos captado por el MEXART y caracterización del radio cielo con la creación de un mapa de temperaturas a 140 MHz. Mostraremos algunos resultados que se han obtenido respecto a algunas de estas áreas de investigación.

FE-5

SIMULACIONES NUMÉRICAS DE VIENTO SOLAR Y EYECCIONES DE MASA CORONAL: UNA NUEVA HERRAMIENTA DEL LABORATORIO NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL (LANCE)

González Avilés José Juan¹, Riley Pete², Corona Romero Pedro³ y González Esparza Juan Américo³
¹Cátedras CONACYT - Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
²Predictive Science Inc.
³Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 jgonzalez@igefisica.unam.mx

La forma en que interactúan el Sol y la Tierra es mediante el viento solar y las eyecciones de masa coronal (EMC). Las EMC por lo general surgen de las fulguraciones solares y se entienden como una liberación de plasma de la corona solar. Cuando las EMC interactúan con el campo magnético terrestre pueden generar tormentas geomagnéticas, las cuales a su vez pueden dañar a los circuitos eléctricos, los transformadores y los sistemas de comunicación. Por estos motivos, el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), tiene entre sus objetivos el

desarrollo de herramientas numéricas propias que inicialmente ayuden a explicar la compleja interacción entre el viento solar y las EMC. En este trabajo presentamos algunos modelos simples y complejos de simulaciones numéricas del viento solar y EMC en 1D, 2D y 3D usando coordenadas esféricas. Para llevar a cabo las simulaciones, usamos el código PLUTO, el cual resuelve las ecuaciones de la magnetohidrodinámica ideal, considerando que tanto el viento solar y las EMC son plasmas completamente ionizados. El objetivo final de este trabajo, es que a mediano y largo plazo el LANCE cuente con una herramienta capaz de predecir las afectaciones que producen las corrientes de viento solar y las EMC sobre nuestro territorio nacional y en general sobre la Tierra.

FE-6

ON THE EMISSION REGION OF TYPE II RADIO BURSTS IN INTERPLANETARY SHOCK FRONTS

Aguilar Rodríguez Ernesto¹ y Corona Romero Pedro²¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM-IGUM² Cátedras CONACYT. Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE). Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM-IGUM
ernesto@igeofisica.unam.mx

We analyze Type II radio emissions observed by the Radio and Plasma Waves instrument onboard Wind to determine the emission region in shock fronts, using the blast wave reconstruction technique. Our results suggest that the processes of emission of a Type II radio burst occur not only in the upstream region of the shock, i.e. the region that precedes the collision, but also that there must be an emission of the material that has been compressed, as well as of the material that is in the compression region within the structure of the shock itself.

FE-7

SIMULACIONES DEL PASO DE NEUTRONES SOLARES EN LA ATMÓSFERA DE LA TIERRA

González Méndez Luis Xavier¹ y Valdés José Francisco²¹ SCIESMEX/LANCE, Instituto de Geofísica, UNAM² Instituto de Geofísica, UNAM
xavier@igeofisica.unam.mx

Los neutrones solares se producen por reacciones nucleares en la atmósfera del Sol durante las fulguraciones. Su camino hasta la Tierra no se ve afectado por los campos magnéticos interplanetarios y solo sufre decaimiento beta con una vida media ~880.1 seg. De este modo, nos brindan información importante sobre los mecanismos de aceleración de iones en la atmósfera solar. En su paso a través de la atmósfera terrestre puede colisionar con los átomos y sufrir atenuación atmosférica. La propagación de los neutrones solares está en función de la energía primaria, la profundidad atmosférica y el ángulo cenital de entrada. En este trabajo, se muestran los resultados de la propagación de neutrones solares con base en simulaciones Monte Carlo, donde los procesos más importantes a considerar son la interacción neutrón-nucleón-núcleos atmosféricos, dispersión elástica e inelástica, intercambio de carga y pérdida de energía por ionización.

FE-8

MODELO DE PREDICCIÓN DE ABSORCIÓN DE LA CAPA D PARA EL CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO

Huipe Domratcheva Elizandro y De la Luz Víctor
Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia
UNAM, Grupo Interdisciplinario de Cómputo Científico UNAM
hdomeli@gmail.com

Uno de los fenómenos de clima espacial que tienen mayor interés para el territorio mexicano son las fulguraciones solares. Estos detellos intensos y súbitos de rayos X y UV producidos en la corona solar, son absorbidos por la ionósfera y en consecuencia, las radiocomunicaciones terrestres que dependen de esta pueden verse afectadas en periodos de minutos o hasta horas. Para estudiar el impacto de este fenómeno en las radiocomunicaciones de la banda HF (3-30 MHz) se implementó un modelo de predicción de afectación de la capa D, desarrollado inicialmente por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de EEUU. 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 con la serie de satélites GOES. Este análisis permitió estimar la susceptibilidad del país ante futuros eventos y permitirá aumentar su resiliencia mediante un sistema de monitoreo y alerta en cuestión de radiocomunicaciones en la banda HF.

FE-9

POLARIMETRÍA DEL COMETA 46P/WIRTANEN EN SU PERIHELIO DE 2018-2019

Castro Joel
Instituto de Astronomía UNAM, IA-UNAM
joelhoch@astro.unam.mx

Los cometas son cuerpos celestes compuestos de hielos, polvo y rocas. Algunos de ellos, que han podido ser estudiados, tienen órbitas de periodo muy largo y otros son de periodo corto. Los primeros pueden tardar miles de años antes de poder completar una vuelta al Sol, mientras que a los del segundo grupo les toma desde 200 hasta menos de una decena de años. Entre otros aspectos, los cometas son de particular interés ya que contienen grandes cantidades de agua y compuestos orgánicos que pudieran haber influido en el origen de la vida. Además, la densidad del número de cometas que se han podido contabilizar, permite comprender las poblaciones de cuerpos menores como remanentes de la formación y evolución del Sistema Solar. El estudio de la polarización lineal de la luz del Sol que se refleja en el cometa, provee pistas complementarias sobre las propiedades ópticas y físicas del polvo en la cola del cometa. En base al porcentaje de luz polarizada linealmente que es recibida del cometa, este puede ser clasificado como: High Pmax o Low Pmax. Esta clasificación permite establecer algunas características físicas superficiales del cometa por analogía. El cometa 46P/Wirtanen es de periodo corto, le toma 5.4 años dar un vuelta alrededor del Sol, y su órbita está influenciada por encuentros gravitacionales con Júpiter. Es un cometa hiperactivo con un núcleo pequeño, de alrededor de 1.2 km de diámetro y fue el objetivo original de la misión espacial Rosseta, posiblemente será objetivo de alguna otra misión. 46P se puede acercar a la tierra a distancias de 0.071 AU y aunque actualmente no se considera un objeto peligroso, esto podría cambiar debido a sus encuentros con Júpiter. En este trabajo se presentan los datos polarimétricos de 46P obtenidos en su perihelio de 2018-2019, además se explican las implicaciones físicas de tales observaciones.

FE-10

OPTICAL FIELD GENERATED BY MOVING CHARGE IN HIGH DISORDERED NANOTUBES IN 3D SPACE

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

It is investigated the optical field generated by a radiating moving charge (Cherenkov radiation) in strongly disordered nanostructure a three-dimensional space. We study a random composition of empty single-wall nanotubes and the dynamic properties of the field in such a system using the numerical FDTD technique. In our approach only parameters of a nanostructure are fixed. The frequency spectrum of internal excitations is left to be defined as a result of the numerical simulation. The patterns of a total field are determined by the interference of moving charge field and the spectrum of collective surface plasmon-polaritons of nanotubes. We found that the total field energy loss as function of a particle velocity has a clearly pronounced maximum in the region of surface plasmon-polariton resonance even at significant level of disorder of the nanotube structure. Our numerical studies show that the field generation is more expressed in carbon nanotubes rather than in TiO₂ nanostructures.

Sesión regular

GEODESIA

Organizadores:
Bertha Márquez
Enrique Cabral

GEOD-1

MONITOREO GNSS DEL VOLCÁN CEBORUCO, NAYARIT, MÉXICO: RESULTADOS PRELIMINARES

Ávila-Barrientos Lenin¹, Cabral-Cano Enrique², Nava Pichardo F. Alejandro³, Salazar-Tlaczani Luis² y Reinoza Carlos E.³

¹CONACYT-CICESE, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. División de Ciencias de la Tierra, Departamento de Sismología

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
lenavila@cicese.mx

En México existen más de 10 volcanes activos, alrededor de los cuales se localizan desde megaciudades hasta pequeñas poblaciones, por lo que el monitoreo volcánico continuo es vital para mejorar la protección de sus habitantes y de su infraestructura (reducción del riesgo volcánico). En octubre de 2018, fueron instaladas dos estaciones GPS/GNSS permanentes en el volcán Ceboruco, Nayarit, México, para monitorear su deformación superficial. En este trabajo mostramos los resultados preliminares del análisis de los datos registrados por dichas estaciones (CB01 y CB02). Los datos fueron procesados usando la estrategia de doble diferencia, para obtener sus vectores de velocidad y las series de posición-tiempo. Los productos fueron estimados en los marcos de referencia IGS08 e ITRF2014. Encontramos resultados similares para ambos marcos, en la orientación de los vectores de velocidad y en el comportamiento de las posiciones diarias de las series de tiempo. En las series de posición-tiempo es posible observar periodos de baja amplitud (centímetros) interpretables como deflación e inflación del edificio volcánico. Estos resultados indican que en el Ceboruco hay actualmente actividad magmática suficiente para producir deformaciones en el edificio volcánico, lo que confirma la necesidad del monitoreo continuo del volcán.

GEOD-2

ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN DE BLOQUES TECTÓNICOS ACTIVOS EN EL MARGEN SURESTE DEL CARIBE A PARTIR DE DATOS GNSS

Reinoza Carlos E.¹, Audemard M. Franck A.², Jovanie François³, Pousse-Beltrán Léa⁴ y Beck Christian³

¹Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Venezuela

³Université Grenoble-Alpes, Université de Savoie Mont Blanc, ISTerre, France

⁴School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, Victoria, British Columbia, Canada
reinoza@cicese.mx

En el oriente venezolano se realizaron campañas de adquisición de datos geodésicos que han permitido obtener el campo de velocidades geodésicas para el Nororiente del país y caracterizar principalmente la Falla El Pilar (FEP). Desde la concepción e instalación de la red geodésica en 2003, se buscó establecer un mínimo de tres sitios de observación por bloque tectónico con el fin de estudiar su deformación, a través de parámetros como la rotación, traslación y "strain". La distribución de puntos de observación ha permitido delimitar de 7 a 8 bloques tectónicos principales de acuerdo a la metodología empleada. Entre ellos los ya conocidos bloques Bergantín y Caripe al sur de la FEP. Los restantes se ubican al norte de la FEP, denominados en este trabajo: Golfo de Cariaco, Puente de Tierra, Paría, Península Norte (Araya) y Margarita (divido en Península de Macanao, al oeste, y Margarita, al este). Con base en nuestro mejor modelo de bloques tectónicos, se obtuvieron valores de rotaciones angulares que varían de 0,02 a 0,29 °/Ma. Si bien, la FEP es la responsable de acomodar una fracción sustancial del movimiento relativo dextral entre las placas Caribe y Suramérica en esta región, en al menos un 60% del movimiento intersísmico anual, la rotación actual pudiese estar acomodando parte del movimiento entre placas. En este trabajo, también se muestran resultados asociados a los tensores de tasas de deformación indicando compresión NO-SE y extensión NE-SO para los bloques oeste. Hacia el este, los tensores van cambiando ligeramente hasta una completa inversión en el sentido de los semi-ejes. Los resultados de este trabajo seguramente tendrán implicaciones en los próximos estudios de amenaza sísmica para la región al cuantificar una serie de parámetros relacionados con la deformación de los mencionados bloques tectónicos, así como la cinemática de las fallas principales y secundarias.

GEOD-3

ANNUAL RAINFALL DISPLACES GPS SIGNALS IN MEXICO AS REVEALED BY REMOVING THE SLOW SLIP SIGNAL USING TREMOR CATALOGS

Husker Allen, Kostoglodov Vladimir, Santoyo García Galiano Miguel Angel, González Guillermo y Kazachkina Ekaterina

Instituto de Geofísica, UNAM
uskerhay@gmail.com

The vertical component of Mexican GPS stations have a cyclic displacement that matches annual rainfall. The rainfall dominates the vertical component so that long term signals such as slow slip events (SSE) are difficult to observe within the

signal. Horizontal components appear to not contain the same annual effect as large long-term slow slip signals are clearly observed in them. However, if the vertical component is clearly affected, horizontal components may be affected too. This can be tested by comparing tremor catalogs to the GPS signal. Robust many-year tremor catalogs have been previously developed using the permanent SSN stations. These catalogs have been shown to generally match the long-term displacement of the N-component at GPS stations in Guerrero and Oaxaca, but over a many month cycle there are variations between the two (Husker et al., 2018). We determine a relation between the accumulated-hours tremor catalog at PLIG station near Iguala and the mm displacement measured on the N-component at the IGUA GPS station (0.15 mm/hour). PLIG seismic station and IGUA GPS are co-located. We then use this relation to convert the tremor catalog to mm displacement. We then remove the tremor catalog from the N-component of the GPS signal. The result shows an annual 5 – 10 mm cycle that follows the rainfall. There is a water reserve to the south of the IGUA GPS station. We suggest that changes in water level due to the strong contrast between rainy and dry seasons strains the ground and causes the observed signal. The additional seasonal signal clearly affects small slow slip measurements and appears to have added an additional ~10 mm southern displacement during the 2014 SSE making it appear larger at IGUA. The seasonal affect is so large in the vertical component that it must be removed, or the component must be discarded for inversions of SSE.

GEOD-4

DESPLAZAMIENTOS 3D DE LA SUPERFICIE DEL CENTRO DE DISPERSIÓN DE CERRO PRIETO UTILIZANDO INTERFEROMETRÍA DE IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA

García Meza Ignacio Francisco y González Ortega Javier Alejandro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
ifgarcia@cicese.edu.mx

El Centro de Dispersión de Cerro Prieto (CDCP) se localiza en el Valle de Mexicali, Baja California, México y se encuentra delimitado por las fallas: Cerro Prieto, Imperial, Morelia y Saltillo; las cuales, son parte del sistema de fallas transformantes que separa a las placas Pacífico y Norteamérica, en la región. Recientemente, se han realizado diversos trabajos con relación a la deformación superficial del CDCP, principalmente relacionados con la subsidencia del terreno asociada al régimen tectónico y actividades antropogénicas, como la actividad del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP). Sin embargo, aún persiste la limitante de extraer las 3 componentes del vector de desplazamiento con precisión y alta resolución espacial. En este trabajo se propone el empleo de la técnica geodésica-satelital de Interferometría de Imágenes Radar de Apertura Sintética (InSAR), mediante la combinación geométrica de los sistemas SAR satelital de SENTINEL 1a/b-banda C (# =5.6 cm) y aéreo de UAVSAR (Uninhabited Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar)-banda L (#=23.8 cm), para obtener el desplazamiento tridimensional de la zona de estudio. Se analizaron y procesaron 1435 pares interferométricos, para posteriormente construir series temporales utilizando el método de SBAS (Subconjunto de Líneas-Base Pequeñas) en dirección de la línea de vista del satélite, para el periodo de tiempo 2012.2 - 2020.0. Utilizando un formalismo de inversión de mínimos cuadrados amortiguado, se obtuvieron las componentes tridimensionales de desplazamiento (Norte, Este y Vertical) del CDCP. Los resultados son validados con observaciones GNSS (temporales y permanentes) de la Red Geodésica del Noroeste de México. El modelo de desplazamientos obtenido aquí, así como los mapas de tasas de desplazamiento coadyuvaban a un mejor entendimiento de los procesos de deformación tectónica del CDCP y su posible relación con el efecto antropogénico causado por la operación del CGCP.

GEOD-5

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA DETECCIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO EN MÉXICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO SBAS (INSAR) USANDO ESCENAS SAR DE SENTINEL 1 A/B

Fernández-Torres Enrique Antonio, Cabral-Cano Enrique, Solano-Rojas Darío, García Josué y Salazar-Tlaczani Luis
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
enrique.30065@gmail.com

La subsidencia del terreno es un proceso que puede ser causado por diferentes factores que incluyen actividad tectónica, consolidación por extracción de fluidos, oxidación de suelos orgánicos, minería subterránea y deshielo de permafrost. En México, una gran proporción de la extracción intensiva de los acuíferos se lleva a cabo en lugares donde existen importantes espesores de sedimentos compresibles. En consecuencia, un área considerable del territorio nacional tiene las condiciones propicias para el desarrollo de la subsidencia de terreno. Sin embargo, la evaluación de las zonas que presentan subsidencia se ha enfocado en la parte central del país, aunque, no se tiene conocimiento de la extensión, magnitud y evolución temporal que este proceso geológico pueda tener en todo el país. En consecuencia, para subsanar esta situación, se realizó un análisis con series de tiempo SBAS (InSAR) cubriendo hasta el momento el 84% (1,650,000 km²) del territorio mexicano. El procesamiento InSAR se realizó bajo el enfoque Distributed Scatterer (DS).

Para el procesamiento SBAS se utilizaron redes de interferogramas con líneas bases espaciales y temporales cortas. Para la generación de los interferogramas diferenciales se utilizó el software InSAR Scientific Computing Environment (ISCE) y para las series de tiempo se utilizó MintPy. En el procesamiento se utilizaron 3,971 escenas SAR adquiridas por los satélites Sentinel 1 A/B de la European Space Agency (ESA), cubriendo el período comprendido entre el 1 de septiembre de 2018 al 24 de octubre de 2019. Las escenas fueron adquiridas bajo la modalidad Wide Swath (IW) y se usaron las órbitas relativas descendentes 12, 27, 41, 56, 85, 100, 114, 129, 143, 158 y 173. El procesamiento InSAR consistió en más de 2,000 horas de procesamiento con recursos de la supercomputadora Miztli en la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM. A partir de este análisis se identificaron 89 localidades con subsidencia del terreno, de las cuales 65 no había sido reportadas en la literatura científica. El área de afectación comprende más de 13,800 km² observándose velocidades máximas de subsidencia entre -2 y -27.6 cm/año en la componente de línea de vista del sensor (LOS). Los estados con mayor área con subsidencia del terreno son Guanajuato (2,670 km²), Coahuila (2,081 km²) y Chihuahua (2,031 km²). Adicionalmente, la mayor proporción de áreas afectadas por subsidencia se encuentra en zonas donde el uso de suelo es destinado a actividades agrícolas (40%) y urbano-agrícolas (40%).

GEOD-6

INTEGRACIÓN DE SENSORES REMOTOS ÓPTICOS Y REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES PARA EL MAPEO AUTOMATIZADO DE ESPACIOS VERDES URBANOS

Huerta García Roberto¹, Yépez Rincón Fabiola D.¹, Vargas Martínez Adriana², Guerra Cobián Víctor¹ y Lozano García Diego F.¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León

²Tec de Monterrey

rohg@live.com.mx

Una de las funciones más importantes de los espacios verdes urbanos (EVU) dentro de las ciudades es la provisión de servicios ambientales esenciales para el bienestar de los ecosistemas y la sociedad. Debido a las constantes transformaciones ambientales, sociales y económicas de las ciudades, la gestión de EVU plantea nuevos desafíos para las administraciones gubernamentales, particularmente en entornos industriales como áreas metropolitanas. Los métodos tradicionales para obtener datos de EVU consisten en un trabajo intensivo de recolección de información que involucra la medición manual de parámetros dendrométricos en el campo, esto requiere una mucho tiempo, recursos humanos y económicos. Sin embargo, con el avance tecnológico y la evolución del aprendizaje profundo, existe una posibilidad de optimizar la obtención de inventarios de EVU a través de la detección de patrones geométricos presentes en las imágenes satelitales. En este estudio se usaron redes neuronales convolucionales (RNC) con arquitectura dinámica U-Net que permite identificar EVUs automáticamente, a lo largo de un proceso de obtención de información de polígonos desde muy altas imágenes de resolución que podrían usarse como un programa de administración base para EVU en México. A través de esta investigación, se logró generar un modelo de obtención automática de polígonos EVU a nivel del área metropolitana para que esta información sea útil en la toma de decisiones con respecto a estas áreas. La homogeneización de los datos de entrada de las tres fuentes oficiales de información, el uso de imágenes satelitales de alta resolución y la ejecución de dos corridas de la RNC alimentada con más de un millón de ortomosaicos, permitieron el descarte de píxeles duplicados entre las bases de datos determinando la proporción de suelo con cobertura de EVU en la zona metropolitana de Monterrey, demostrando la efectividad e inteligencia del proceso con el aumento automático de los datos. Las variaciones que ocurrieron en cada una de las transformaciones ayudan a generalizar el modelo, ya que permiten que los objetos de interés sean identificados bajo varias condiciones que pueden no estar presentes en el conjunto de datos original, pero podrían ocurrir debido a variaciones temporales, como datos tomados en diferentes momentos o bajo diferentes condiciones ambientales.

GEOD-7

SISTEMA INTEGRADO SENSORIAL INTELIGENTE PARA EL MONITOREO AMBIENTAL BASADO EN REDES NEURONALES CON PLATAFORMA DE INFORMACIÓN EN LA NUBE

Navarro Hernández Danelis, Yépez Rincón Fabiola D. y Huerta García Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León
dianeh93@gmail.com

El uso de sistemas de monitoreo permite evaluar variables sensibles, contrastando la información obtenida, con diferentes sistemas a nivel de ciudades o distritos, lo que permite extraer información, que es demandada por el gobierno, empresas, etc, por esto se hace necesario contar con un sistema compacto y portátil, que genere el conocimiento necesario sobre patrones ambientales como la contaminación del aire, del agua o el ruido. En este trabajo de investigación se diseñará un sistema sensorial inteligente para medir la calidad del aire en el Estado de Nuevo León, México, a consecuencia de que solamente se cuenta con pocas estaciones de servicio, para medir dicho parámetro en la ciudad. Es una estrategia para el control

de las tareas relacionadas con el manejo de residuos, la restauración ambiental y determinadas modificaciones planeadas a nivel de ciudad. La red de sensores se diseñará para transmitir la señal con los parámetros de información mediante el uso de la tecnología inalámbrica, los sensores serán ligeros, sencillos y aprenderán, según sea el caso, mediante el uso de las redes neuronales. El tratamiento de los datos provenientes de red se realizará, a través de una plataforma digital, la cual se actualizará en tiempo real, utilizando los beneficios de la nube. Los entornos urbanos y su paisaje con edificios de gran altura y cañones urbanos presentan desafíos para poder capturar la información sin perder la señal. A consecuencia de la necesidad de medir los parámetros en estas condiciones, se dispone de los beneficios de la instalación de los sensores en vehículos aéreos no tripulados, que en ambiente de ciudades inteligentes y seguridad pública han demostrado una increíble eficiencia. Se contará con sensores optimizados y la información que estará clasificada según los parámetros sobre los que se trabajó, con las redes neuronales utilizando lógica difusa. Debido a la disposición de su arquitectura, el intercambio de datos a través de la red será de forma rápida y eficiente. La figura siguiente muestra el sistema ampliado de lo que se espera lograr con este proyecto, tenemos los nodos sensoriales, luego el sistema de conexión y los servidores correspondientes conectados a la plataforma de almacenamiento en la nube.

GEOD-8

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO DE ESPACIOS VERDES URBANOS UTILIZANDO VANT

Aguilar Treviño Carlos¹, Yépez Rincón Fabiola D.², Juárez Ramírez Isaías¹, Requena Lara Glenda³, Cavazos González Ricardo¹, González Juárez Alfonso¹, Morales Pacheco Juan¹ y Ramírez Serrato Nelly Lucero⁴

¹Independiente

²Universidad Autónoma de Nuevo León

³Universidad Autónoma de Tamaulipas

⁴Universidad Nacional Autónoma de México
caquilart@gmail.com

Desde el punto de vista medioambiental, los parques urbanos o espacios verdes urbanos (EVU) tienen la función de proteger y aumentar la biodiversidad de la flora y fauna en las ciudades. Adicionalmente, permiten una serie de servicios ambientales, tales como la mejora en la calidad del aire, la regulación del microclima urbano, y el control de los eventos de escorrentía durante fuertes lluvias, entre otros. Sin dejar de mencionar que son espacios donde las personas se reconectan con la naturaleza, lo que es beneficioso para su salud y bienestar. Por lo anterior, es importante considerar en el diseño, mantenimiento y cuidado de los EVU, las condiciones de servicio tales como el tamaño, proximidad, instalaciones, rutinas de mantenimiento, entre otros. Se cree que existe una relación que las variables de las condiciones de servicio tienen con respecto a la salud de la vegetación y las características socio ambientales que la rodean. En el presente estudio se evaluaron las condiciones de servicio de una decena de EVUs, entre los cuales se encontraban parques de colonia, fraccionamientos y camellones, con el objetivo de determinar los diferentes niveles de equipamiento y en diferentes zonas socioeconómicas. Para ello, se programaron vuelos a 60 metros de altura con un porcentaje de traslape vertical y horizontal del 75% utilizando una cámara RGB de 20Mx y una cámara multispectral marca Parrot de 8Mx, modelo sequoia montada en un vehículo aéreo no tripulado (VANT) multirrotor de bajo costo (DJI modelo Phantom 4), para la generación de nubes de puntos y ortomosaicos se realizó la reconstrucción tridimensional. Con los ortomosaicos de 5 ± 2 cm de resolución dependiendo del sensor, se obtuvieron condiciones físicas de los elementos que conforman cada EVU, tales como banquetas (anchos de banqueta, condiciones físicas, etc.), bancas (cantidad/m², condiciones físicas), protecciones de árboles y vegetación (rejas de contención, huecos de absorción), equipamiento adicional (canchas, kiosco, etc.). De los ortomosaicos multispectrales, se obtuvieron los índices de salud de la vegetación: NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo) y GCI (Green Coverage Index). Con lo anterior, se estableció una relación entre las variables de las condiciones de servicio, la salud de la vegetación y las características socioambientales, lo que permitirá predecir las condiciones de servicio óptimas para los EVU y brindar las bases para su adecuado manejo.

GEOD-9

MODELO MULTICRITERIO CON BASE SIG EL ANÁLISIS AMBIENTAL DE RÍOS URBANOS UTILIZANDO VANTS Y TECNOLOGÍA ESPECTRAL

Mireles Soria Diana¹, Yépez Rincón Fabiola D.¹, Ramírez Serrato Nelly Lucero², Cavazos González Ricardo¹, Abrego Góngora Carlos¹, Bruster Flores José¹, Guerra Cobián Víctor¹ y Ferríño Fierro Adrián¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León

²Universidad Nacional Autónoma de México
diana.mirso@gmail.com

El crecimiento poblacional ha logrado alcanzar a los sistemas riparios, transformándolos en ríos urbanos y provocando graves problemas en el ecosistema que conforman. En este sentido, cuando se habla de un río urbano, es necesario delimitar el medio desde una perspectiva tanto hidrológica como social, ya que lo encontrado dependerá del nivel de urbanización de las microcuencas que

lo conformen. Los ríos urbanos suelen ser tanto una fuente de abastecimiento para las necesidades de la comunidad, como también un punto de descarga de desechos. Las descargas fuera de norma han derivado en una crisis ambiental de las ciudades alrededor del mundo. Según lo demostrado en la literatura, el primer paso hacia la remediación de ríos urbanos consiste en dar saneamiento mediante el control y tratamiento de estos contaminantes. A través de la percepción remota se pueden generar datos y alimentar modelos de simulen la realidad de éste tipo de ecosistemas, utilizando los sistemas de información geográfica (SIG), mediante una superposición de píxeles, los cuales se conjugan a través de una suma lineal equitativa o a través de la superposición y ponderación de factores que alteran el entorno. Los trabajos previos del análisis multicriterio para la clasificación de la degradación de los ríos consideran desde condiciones hidrológicas hasta sociales. Este proyecto valora a los distintos factores que intervienen en la salud ambiental de los ríos urbanos considerando también los factores antrópicos. Se centra en la identificación de sitios vulnerables por mala calidad de agua - suelo, utilizando sensores remotos que permitan una alta resolución en la información. En este trabajo se presentan los avances más recientes en el desarrollo de una herramienta de análisis multicriterio para determinar el estado ambiental de los ríos urbanos con respecto a respuestas multiespectrales captadas por una cámara Parrot multiespectral montada en un vehículo aéreo no tripulado (VANT). El estudio se lleva a cabo en el Río Pesquería, ubicado al norte de la zona Metropolitana de Monterrey. Tras la realización de muestreos de agua de manera simultánea a un levantamiento fotogramétrico con VANT, se plantea la posible correlación entre los índices de reflectancia obtenidos por las imágenes espectrales y los resultados obtenidos del análisis tradicional de DQO en laboratorio de muestras de agua. Así mismo se analiza las diferencias escalares en el estudio de índices de vegetación obtenidos de imágenes satelitales de Sentinel 2 y los resultados obtenidos con VANT. Se espera que esta información aunada a un análisis hidrológico de escala regional permita generar una herramienta multicriterio con base SIG que proporcione las bases para una mejor gestión ambiental en el Río Pesquería.

GEOD-10

EVOLUCIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES DEL RÍO PESQUERÍA A LO LARGO DE 5 AÑOS DE LEVANTAMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN Y ANÁLISIS UTILIZANDO VANT

Yépez Rincón Fabiola D., Cavazos González Ricardo, Bruster Flores José,
Guerra Cobián Víctor, Ferriño Fierro Adrián y Ábrego Góngora Carlos
Universidad Autónoma de Nuevo León
fabiola.yepes@gmail.com

Durante los últimos 5 años se han realizado al menos cuatro temporadas para el levantamiento de información geoespacial sobre el cauce del río Pesquería ubicado al norte de la zona metropolitana de Monterrey. Una base de datos con miles de fotografías aéreas se ha alimentado para al menos 32 sitios a lo largo de 70 km de cauce distribuido en la cuenca del Río San Juan en los municipios de García, Monterrey, Escobedo, Apodaca y Pesquería. La información espacial nos ha permitido determinar sitios contaminados, estimar las áreas afectadas y vincular espacialmente a los distintos problemas socio ambientales identificados en la planicie, así como son los vertederos de residuos sólidos, conexiones ilegales de alcantarillado sanitario y de desagüe pluvial, descargas ilícitas de aguas residuales y otras. El uso de este sistema tecnológico disminuirá significativamente los costos y tiempos asociados a la determinación en laboratorio de los contaminantes presentes en el agua y oportunamente, brindará información de gran utilidad para la toma de decisiones para la gestión de la cuenca.

Sesión regular

GEOHIDROLOGÍA

Organizadores:

José Alfredo Ramos Leal
Janete Morán Ramírez

GEOH-1

CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CIUDAD INDUSTRIAL DE LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Reyes Medina Reynaldo Mauricio, De León Gómez Héctor y Cruz López Arquímedes
*Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil
 mauricioreyes@outlook.com*

En la ciudad de Linares, en el año de 1995, ocurrió un derrame en la estación de servicio #4003 Linares, PEMEX, teniendo como consecuencia una infiltración de más de 40,000 litros de gasolinas y diésel durante las pruebas de hermeticidad de los tanques de almacenamiento. Dicho derrame tuvo un gran impacto ambiental en el acuífero de poros presente en la ciudad industrial de Linares, la conductividad hidráulica del acuífero favoreció enormemente con la infiltración del contaminante al igual que su movilización. Existen antecedentes que muestran análisis de laboratorio con resultados que confirman la presencia de compuestos de hidrocarburos presentes en el agua subterránea de la ciudad de Linares, en dichos resultados se determinaron altas concentración de metales pesados al igual que la presencia de productos derivados del petróleo, los valores obtenidos de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) fueron desde 10 ppm hasta 78240.6 ppm, teniendo gran impacto ambiental para la población de la ciudad industrial de Linares, Nuevo León, ya que gran parte de esta agua contaminada se utilizaba para todo tipo de uso incluyendo el doméstico. Como objetivo principal se pretende identificar las principales fuentes aportadoras de agentes contaminantes derivados del petróleo, para evaluar la presencia y determinar el impacto ambiental provocado al acuífero presente en la zona de estudio. Con base a los datos estructurales tomados en campo, al igual que las mediciones de los aprovechamientos hidráulicos en diferentes épocas del año (sequías, ordinario y lluvias) se procederá a elaborar una carta geológica – estructural y una carta piezométrica respectivamente. Se tomarán muestras de agua de los diferentes aprovechamientos hidráulicos dentro de la zona de estudio para realizar los análisis fisicoquímicos correspondientes, del mismo modo se realizará el análisis de laboratorio por la técnica de cromatografía de gases para la identificación de compuestos de hidrocarburo (BTEX's). Teniendo resultados se evaluará la presencia de contaminantes de acuerdo con diferentes **NORMATIVAS**, tanto nacionales como internacionales. Todo esto para evaluar el grado de impacto ambiental generado en el agua subterránea en la zona de estudio. Durante el trabajo de campo se han logrado las mediciones de los diferentes aprovechamientos hidráulicos para la elaboración de la carta piezométrica, así como la identificación de las terrazas en el cauce del río Camacho. Como objetivo final se pretende la elaboración de propuestas al igual que un plan de y/o saneamiento del área impactada por hidrocarburos.

GEOH-2

USO DE SIG'S PARA IDENTIFICAR FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN POR COMPUESTOS DE NITRÓGENO EN EL ACUÍFERO DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Morales Arredondo José Iván¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Cuellar Ramírez Elisa² y Ortega Gutiérrez Joel Edmundo³
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
³Instituto Politécnico Nacional
 ivanma@geofisica.unam.mx

La ciudad de México que es parte de la zona metropolitana del Valle de México tiene un área de 1483 km² y una población de 8.92 millones de habitantes. El abastecimiento principal de agua potable lo proporciona el Acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (AZMCM). El elevado número de habitantes aunado a las condiciones hidrogeológicas de la zona implica un reto para el suministro. La problemática que afecta al sistema de aguas de la ciudad de México se resume en la limitación en las fuentes de abastecimiento, mala infraestructura, pérdidas de agua por fugas, extracción clandestina no contabilizada y mala calidad del agua subterránea en algunas zonas por el elevado contenido de compuestos de nitrógeno (nitrato y nitrógeno amoniacal). Los problemas de calidad del agua en el AZMCM pueden deberse a procesos naturales o a la acción antropogénica. En el AZMCM se han identificado dos zonas que responden de distinta manera a la contaminación superficial, a) la que presenta una composición arcillosa con baja permeabilidad y que es poco vulnerable a la contaminación (salvo que existan fracturas) y b) La zona rocosa de origen volcánico que está fuera de la zona arcillosa y que es más vulnerable a la contaminación. La mayoría de compuestos nitrogenados al ingresar al subsuelo cambian de nitratos (entorno oxidante, zona b) a nitrógeno amoniacal (entorno reductor, zona a) en las regiones donde las condiciones aeróbicas (zona b) cambian a anaeróbicas (zona a). En este trabajo se ubicaron distintas fuentes de contaminación antropogénica relacionadas con compuestos de nitrógeno, con ayuda de un SIG, a lo largo de toda la Cuenca de México, considerando un periodo de 20 años. En otros estudios se ha identificado al agua residual de asentamientos humanos sin drenaje y la escorrentía de fertilizantes en zonas agrícolas como las principales fuentes de contaminación, sin embargo es factible que otros sitios como panteones, basureros, plantas de tratamiento de aguas residuales, lagos y canales contaminados o incluso pozos de absorción originen también dichos compuestos. Dentro del AZMCM las alcaldías con mayores

problemas de contaminación relacionados con compuestos nitrogenados son Tlalpan y Xochimilco principalmente por nitratos y Tláhuac, Milpa Alta, Xochimilco e Iztapalapa por nitrógeno amoniacal. Entre estas destaca la alcaldía de Iztapalapa por presentar los mayores problemas. En algunos sitios se observó la presencia conjunta de ambas especies nitrogenadas en concentraciones por arriba de la norma mexicana para agua potable (NOM-127).

GEOH-3

ESTUDIO DE POSIBLES FUENTES DE ARSÉNICO INORGÁNICO TOTAL (IAS) Y FLUORURO (F-) EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA, GUANAJUATO, MÉXICO

Piña González Viridiana¹, Li Yanmei¹, Hernández Anguiano J. Horacio¹ y Knapett Petter²
¹Universidad de Guanajuato, UG
²Texas A&M University, College Station
 v.pinagonzalez@ugto.mx

El aumento en la tasa de población presenta impacto directo en el aumento de la demanda de agua potable, esencial para satisfacer las necesidades básicas de la población. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2006), 14 de los 20 acuíferos delimitados administrativamente para el estado de Guanajuato, están sobreexplotados. En el estado de Guanajuato existen más de 15 mil pozos activos; se extraen aproximadamente 3824 millones de metros cúbicos y se considera que la recarga es de 2783 millones de metros cúbicos, lo que implica un déficit de mas de 1000 millones de metros cúbicos anuales (CEAG, 2016). El empeoramiento de la calidad de agua extraída es una consecuencia importante de esta situación. El agua que se extrae a mayores profundidades puede contener concentraciones más altas de elementos químicos, la mayoría de los cuales provienen del lecho de roca del acuífero. Consumir agua con altas concentraciones de ciertos elementos puede causar problemas de salud. El área de estudio es la Cuenca Alta del Río Laja, la cual se encuentra ubicada en el noreste del estado de Guanajuato e incluye los acuíferos: Cuenca Alta del Río Laja, Laguna Seca, San Miguel de Allende y Doctor Mora-San José Iturbide. Se han determinado posibles hipótesis sobre el origen de arsénico inorgánico total (IAS) y fluoruro (F-) en el agua subterránea del área de estudio. Éstas son que IAs se origina de la oxidación de sulfuros o la disolución de rocas volcánicas, y F- se origina de la disolución de fluorita o roca volcánica (Mahlknecht et al., 2004; Orozco -Esquivel et al., 2002; Ortega, 2009). El objetivo de este proyecto es determinar las concentraciones de IAs y F- en el agua subterránea, su distribución y determinar su origen. Se recolectaron muestras procedentes de 131 pozos de agua distribuidos en toda la zona de estudio. En este trabajo se presentan los resultados de la hidroquímica y geoestadística para determinar las posibles fuentes de IAs y F- en el agua subterránea de la Cuenca Alta del Río Laja.

GEOH-4

UNA CONTRIBUCIÓN AL PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MÉXICO UTILIZANDO UN MODELO DE FLUJO SUBTERRÁNEO Y UN MODELO DE TRANSPORTE DE NITRATO

Herrera Zamarrón Graciela del Socorro¹, Hernández Hernández Mario², Galán Breth Rosa¹, Hernández García Guillermo¹, Morales Arredondo José Iván¹, Armienta Hernández María Aurora¹ y Cortés Silva Alejandra¹
¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Cátedras CONACYT-Instituto de Geofísica, UNAM
 ghz@geofisica.unam.mx

El Sistema Acuífero del Valle de México (SAVM) proporciona cerca del 60 por ciento del agua para los usuarios de la Ciudad de México. Este se extiende más de 9,000 km² y proporciona también agua para usuarios del Estado de México. La entrega de grandes volúmenes de agua para necesidades urbanas, agrícolas e industriales ha causado un grave estrés en los recursos hídricos, provocando un desequilibrio significativo en el acuífero. Se pueden observar varios efectos secundarios causados por la extracción excesiva del agua subterránea en muchas estructuras y edificios, el hundimiento del terreno, así como una reducción de los recursos y el suministro de agua, y también, una degradación de la calidad del agua. El Gobierno de la Ciudad de México está preparando un Plan Maestro para el Agua Potable (PMAP), coordinado a través de la Agencia de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de México (Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACMEX). Este Plan Maestro incluye la gestión de la cantidad y calidad del agua subterránea. El Grupo de Investigación en Gestión Integral del Agua Subterránea (GIGIAS) de los Institutos de Geofísica y Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México ha investigado durante varios años diferentes aspectos del problema del agua subterránea (incluidos aspectos hidrogeológicos, de calidad del agua subterránea, hidrogeoquímica, isótopos y modelos matemáticos, entre otros). Como parte de este esfuerzo, se desarrolló un modelo de flujo de agua subterránea para el VMAS desde 1994 hasta la fecha. Con el fin de proponer acciones para el MPDW, recientemente, se realizó una nueva investigación para evaluar el origen y la evolución del nitrato en el área de la Ciudad de México, y el modelo de flujo fue reevaluado y acoplado con un modelo de transporte de nitratos. En esta charla, presentaremos los aspectos generales de los problemas de suministro de agua de la Ciudad de México, los principales resultados de la caracterización del nitrato

de agua subterránea, las características del modelo de flujo de agua subterránea y del modelo de transporte, y un resumen de la contribución del grupo científico interdisciplinario de aguas subterráneas de la UNAM al PMAP.

GEOH-5

DIAGNÓSTICO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS Y SU RELACIÓN CON EL NEXO AGUA-ENERGÍA-ALIMENTOS EN TRES CUENCAS HIDROLÓGICAS DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Figuerroa-Miranda Sócrates, Dávila Harris Pablo y Jiménez-Bremont Juan Francisco
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
socrates.figuerroa@ipicyt.edu.mx

El Nexo Agua-Energía-Alimentos (Nexo AEA) tiene sus orígenes en la década de 1970, pero es hasta 2011 en la Conferencia de Bonn que se le brinda un carácter científico, político y económico a nivel mundial. El Nexo AEA se entiende como un enfoque de estudio orientado a evaluar las interrelaciones entre los sectores del agua, la energía y los alimentos con el objetivo de lograr la seguridad hídrica, energética y alimentaria. En este sentido, uno de los principales retos en el estudio del Nexo AEA es cuantificar y evaluar las fuentes de abastecimiento de agua (superficial y subterránea) a fin de optimizar y asegurar el suministro sostenible. En consecuencia, en este trabajo se pretende estudiar tres regiones con características geográficas y sociales distintas del estado de San Luis Potosí: a) El acuífero administrativo San Luis Potosí ubicado en la región centro del estado con un clima semi-árido, satisface las necesidades de 1,345,443 habitantes. De acuerdo con los datos más recientes este acuífero tiene una extracción de 112.82 Mm³/año de agua subterránea a través de 1486 pozos de bombeo. El agua se destina principalmente a necesidades públicas urbanas (57%), agrícolas (23%) e industriales (13%). Dado que se estima una recarga media anual del acuífero de 78.1 Mm³/año, se tiene un déficit de agua de 34.72 Mm³/año. b) El acuífero administrativo El Barril se localiza en la región Altiplano, cuenca El Salado, con un clima seco templado. De este acuífero se extraen 83.4 Mm³/año de agua mediante 1110 pozos. El agua se destina principalmente a la agricultura (95%) de exportación. Dado que se estima una recarga de 31.6 Mm³/año se calcula un déficit de 51.8 Mm³/año. c) Los municipios de Ciudad Valles y Tamuin se localizan en la región Huasteca, cuenca del Pánuco, se caracterizan por un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. El agua subterránea de Ciudad Valles tiene un consumo preferencial agrícola (80%) mientras que en Tamuin se destina a usos múltiples (38%). Entre ambos municipios extraen 16 Mm³/año mientras que las recargas de sus acuíferos superan los 300 Mm³/año por lo que la CONAGUA considera que no existe déficit. Como consecuencia de la sobreexplotación del agua subterránea se han detonado problemas de subsidencia y fallas del terreno en algunas regiones. Tal es el caso de la zona metropolitana de San Luis Potosí, donde se estiman tasas máximas de hundimiento de 6 cm/año y se correlacionan con la presencia de conos de abatimiento del nivel estático. Finalmente, se presentan avances y estrategias en el desarrollo de este proyecto desde un enfoque multidisciplinario orientado a la evaluación del recurso hídrico y los riesgos geo-ambientales derivados de su mala gestión. La investigación forma parte del proyecto FORDECYT 297557 que tiene como objetivo el estudio del Nexo A-E-A en estas tres zonas como análogos a escala país para contribuir a la optimización y gestión integral de los recursos hídricos.

GEOH-6

GEOHIDROLOGIA DE LA SIERRA LA ESPERANZA, AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Arénivar Sepulveda Erick Andrés, Aragón Robles Alondra, González Vázquez Ángel Alexis, Barrera Gómez Elizabeth, Enriquez Núñez María Georgina, Chavira Muñoz Javier Andrés, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Bolívar Mata Roberto Carlos, Arévalo Ruiz Juan Fernando y Reyes Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a310942@uach.mx

Se está llevando a cabo el proyecto de la carta geológica EL CUARENTA H13-A56, en el cual se busca realizar diferentes estudios para cartografiar los cuerpos intrusivos que se encuentran localizados a 47km al noroeste del municipio de Villa Ahumada, Chihuahua. Estos intrusivos han afectado a diversas secuencias sedimentarias de esta zona, lo que provocó un proceso metamórfico que a su vez dio como resultado la formación de unos depósitos de Hornfels y Skarn. El motivo de la realización de esta tesis, es con enfoque a la Geohidrología de la zona, para la cual se planea aplicar Métodos Geofísicos, a través de Sondeos Eléctricos Verticales, para determinar la presencia de los cuerpos acuíferos, así como sus dimensiones, profundidades, nivel frático y estático. Con esto se lleva la realización de los sondeos en la zona, para después llevar a cabo la interpretación de los sondeos con la aplicación IPI2WIN, así mismo, durante una primera incursión en el área de interés, se observó un pozo, el cual extrae agua con un cierto grado de salinidad, se pretende realizar un análisis químico de las sales que están contenidas en estos cuerpos acuíferos. Como metodología se pretende realizar un reconocimiento geológico para describir las estructuras que puedan estar afectando los cuerpos subterráneos, así como saber que procesos hubo dentro de esta zona, y de esta manera poder realizar los sondeos en las áreas más adecuadas, y obtener los mejores resultados posibles.

GEOH-7

LA ECOHIDROGEOQUÍMICA COMO HERRAMIENTA PARA ENTENDER LA RELACIÓN DE HUMEDALES HERBÁCEOS COSTEROS Y EL AGUA SUBTERRÁNEA: CASO CIÉNAGA DEL FUERTE, VERACRUZ

Ramos-Leal José Alfredo¹, Sánchez-Higuieredo Lorena², Morán-Ramírez Janete³, Moreno-Casasola Patricia⁴, Rodríguez-Robles Ulises⁵ y Hernández Alarcón María Elizabeth⁶

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

²INECOL

³Catedras Conacyt-Instituto de Geofísica, UNAM

⁴U de G

jalfredo@ipicyt.edu.mx

Las zonas costeras se caracterizan por las interacciones entre continentes y océanos. Los humedales de las zonas costeras representan ecosistemas de transición que se ven afectados por estas condiciones, aunque se sabe poco sobre la hidrogeoquímica de los humedales, especialmente los humedales costeros. En el presente trabajo, se presenta la caracterización hidrogeoquímica de los humedales herbáceos costeros de agua dulce en el Área Natural Protegida Ciénaga del Fuerte en Veracruz, México. Se monitorearon cuatro comunidades de plantas, un popal, dos tulares ubicadas en diferentes áreas y una pastura de llanura de inundación, para comprender el origen del agua que alimenta estos ecosistemas, la composición hidrogeoquímica de las aguas subterráneas y la relación entre las aguas subterráneas y la ecología de estos ecosistemas durante estaciones secas y lluviosas. Los resultados indican que Ciénaga del Fuerte se encuentra en un área de descarga regional pero también recibe recarga local, por lo que se alimenta tanto de flujos regionales como locales. La composición química varió temporal y espacialmente, creando condiciones únicas que determinaron el hábitat ocupado por la vegetación hidrofítica. Comunidades de plantas generalistas establecidas en zonas de recarga local, mientras que otras comunidades más especializadas y/o plásticas habitaron zonas que reciben flujos regionales con mayores concentraciones de iones. En este trabajo se mostró la importancia de la hidrogeoquímica para lograr un verdadero manejo de los humedales,

GEOH-8

METODOLOGÍA POLÍNICA AMBIENTAL (MEPAM) PARA ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS EN ZONAS CÁRSTICAS, CASO: JOYA DE LUNA-GUAXCAMÁ, S.L.P.

Torres Sonia¹, Ramos-Leal José Alfredo², Rodríguez-Robles Ulises³ y Carranco Lozada Simón Eduardo⁴

¹UASLP

²IPICYT

³UDG

⁴IPN

soniatorresrivera@gmail.com

En la región Central de México existen zonas con extensos afloramientos de rocas calcáreas plegadas formando sistemas montañosos con intenso desarrollo cárstico. El abastecimiento de agua en esta región se logra en una parte importante de acuíferos controlados por el sistema cárstico. Aquí se analiza el flujo subterráneo entre la localidad Joya de Luna (en una parte elevada de montaña) y Guaxcamá topográficamente más baja, para analizar si existe conexión entre ambas zonas y comprobar si el agua infiltrada en la parte alta, se capta en la parte baja en aprovechamientos como manantiales. Se propone un método novedoso en el cual se identificó la conectividad entre la zona de recarga y de descarga, en un sistema cárstico y fracturado utilizando granos de polen, como trazadores. Para contrastar y examinar la vialidad de este método se emplearon isótopos estables de Deuterio y Oxígeno-18; se empleó además el exceso de deuterio como un factor para el análisis hidrogeológico. Se documentó mediante un levantamiento de la vegetación presente en ambas zonas de estudio, en un radio de 5 km, el tipo de familias existentes en la zona de recarga Joya de Luna y la de descarga en Guaxcamá, y se generó una base de datos con 41 especies polínicas, para la caracterización morfológica. Posteriormente, se hizo una recolecta de 135 muestras de agua subterránea donde se encontraban suspendidos los granos de polen en los 15 diferentes aprovechamientos de norias y manantiales. El análisis de especies mostró que granos de polen de las especies de Zea mays (Zeama), Avena sativa (Avesa), Cicer arietinum (Cicar) y Quercus sp., característicos solo de la zona de recarga se presentaban en la zona de descarga. Los resultados polínicos fueron congruentes con la técnica isotópica y el exceso de deuterio en donde se identificaron dos rutas con conexión hidráulica G1 y G2. La ruta G1 conecta a la muestra (11) de la zona de recarga y las muestras (1, 4, 6) de la zona de descarga. La ruta G2 muestra la conexión hidráulica entre la muestra (15) de la zona de recarga y las muestras (5, 7, 10) de la zona de descarga. En ambas zonas se presentaron granos de Zeama, Avesa, y Cicar. El polen de la familia Quercus sp. propio también de la zona montañosa, se detectó en las muestras de los puntos (11, 12 y 15) de la zona de recarga y en los puntos (1, 4, 5, 6, 7, 9 y 10) de la zona de descarga. Palabras clave: Cársticidad, conectividad hidráulica, polen trazador ambiental, isótopos estables.

GEOH-9

ORIGEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA USANDO MODELOS DE MEZCLA TERNARIA, EN EL VALLE TECTÓNICO JARAL DE BERRIOS-VILLA DE REYES, PARTE CENTRAL DE MÉXICO

Pérez Isabel¹, Ramos-Leal José Alfredo², Cardona-Benavides Antonio³, Morán-Ramírez Janete¹ y Villanueva-Estrada Ruth Esther¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²IPICYT

³UASLP

perezm@igeofisica.unam.mx

Los procesos de mezcla que se llevan a cabo en el agua subterránea pueden ser representados por simples modelos de dos o más componentes que logran ser identificados de acuerdo con sus miembros extremos. Aplicando algoritmos matemáticos o análisis estadísticos multivariados en muestras con diversas concentraciones de iones y/o elementos traza conservativos, se pueden identificar las fracciones de las aguas mezcladas que componen al acuífero, así como su origen. El valle de Jaral de Berrios-Villa de Reyes ubicado en el límite de NE entre los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, es una zona que se caracteriza por un clima semiárido, en donde la principal fuente de agua potable es por medio de la extracción del agua subterránea a través de pozos. El 81% del agua extraída se utiliza para riego agrícola, mientras que el uso industrial y de servicios es el segundo lugar en importancia de uso, siendo utilizado principalmente por la termoeléctrica Villa de Reyes y solo el 3 % es para agua potable. De acuerdo con algunos trabajos previos, el agua del acuífero está bajo un escenario de aridez con una casi nula recarga local natural, en donde se extrae aguas milenarias. El valle es de origen tectónico en donde las fallas profundas conectan aguas muy evolucionadas termales, con un acuífero superior. Por otro lado, las fallas y fracturas superficiales favorecen la recarga por retorno de riego en la zona agrícola. Se tomaron un total de 52 muestras de pozos, noria y manantial, para análisis de iones mayores y elementos traza. De acuerdo con los resultados, el modelo conceptual, relaciona las características litológicas, estructurales del acuífero y los procesos hidrogeoquímicos que determinan el tipo de agua en el valle. Se identificaron dos familias de agua, que en orden de abundancia son: Na-HCO₃>>Na-Mg-Ca-HCO₃. Se aplicó una metodología a partir del análisis de Sr y Li como elementos conservativos, para la identificación de mezclas ternaria de agua subterránea, la cual se compone por un flujo intermedio, una recarga artificial o retorno de riego y un flujo regional termal. El miembro extremo C1, relacionado con el flujo intermedio, aporta el 64.7%, el miembro extremo C2, relacionado con el retorno de riego contribuye con el 8.1 % y el miembro extremo C3, asociado con el flujo regional termal aporta 7.2%, del agua al sistema.

GEOH-10

APLICACIÓN DE MODELACIÓN INVERSA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS QUE DAN LUGAR A LA SALINIZACIÓN EN UN ACUÍFERO INFLUENCIADO CON LA ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA

Morán-Ramírez Janete¹, Loyola Martínez Erika², Ramos-Leal José Alfredo² y Santacruz de León German³

¹CONACYT- Instituto de Geofísica UNAM, CONACYT-UNAM

²IPICYT

³COLSAN

janete.moran.ramirez@gmail.com

El agua subterránea se considera una confiable alternativa en regiones áridas y semiáridas para satisfacer las necesidades humanas y sus actividades. En algunas regiones existe una sobreexplotación que afecta al acuífero por la salinización de las aguas subterráneas y los suelos. En las tierras altas del centro-norte de México, varios acuíferos muestran efectos crecientes de salinización por ser utilizados en la agricultura. En Tierra Nueva, SLP, las precipitaciones de sal en los últimos años han dañado los suelos disminuyendo la producción en la agricultura; debido al riego intensivo en condiciones semiáridas, retorno de riego, suelos con horizontes arcillosos a poca profundidad, un drenaje de suelo limitado y la alteración de rocas volcánicas ricas en Na, contribuyen la aparición de procesos específicos de salinización que producen minerales evaporíticos en exceso. En el presente trabajo, mediante modelación hidrogeoquímica inversa, se explican la acumulación de sal en aguas subterráneas y suelo, se identifican los principales procesos evolutivos de interacciones agua-roca y la evaporación, así como procesos de intercambio iónico. Se obtuvieron modelos hidrogeoquímicos donde se muestran los principales procesos de salinización son por el natrón y minerales derivados de este son. En el área de descarga, el mineral natrón se disolvió, mientras que se formaron termonatrita, natrolita (Na-natrolita), nontronita (Ca-nontronita, K-nontronita, Mg-nontronita, Na-nontronita), entre otras reacciones. Este proceso de salinización eventualmente conduce a suelos que no son adecuados para las actividades agrícolas.

GEOH-11 CARTEL

MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE FLUJO SUBTERRANEO SONORA

Medina Ortega Priscila¹, Escolero Fuentes Oscar A.², Pérez-Quezadas Juan³, Morán Zenteno Dante Jaime² y Morales-Casique Eric²

¹Posgrado de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

priscila.medina.or@gmail.com

En la investigación se analiza disponibilidad del agua ya sea subterránea o superficial es fundamental para el desarrollo agrícola. En el estado de Sonora el clima es semiseco y árido; por lo que es importante conocer con a detalle el comportamiento del sistema de flujo de agua subterránea y la interacción de los componentes de agua en la cuenca que permitan construir alternativas del manejo del recurso hídrico. Por ello, establecer un modelo conceptual en el Sistema de Flujo de agua subterránea de Sonora fortalece el estudio de las zonas de gestión como un sistema complejo, que comprende las sierras cercanas de Cananea hasta la Costa de Hermosillo. Por ello, los componentes en las diferentes zonas de gestión están basados en datos hidrogeoquímicos, fisicoquímicos y geológicos que nos dan un marco referencial para entender el sistema. Monreal (2000) plantea que la recarga principal se da en las sierras localizadas al NE de la ciudad de Hermosillo. En Cuitaca, se han reportado valores de pH de 6-7, CE < 400 mhos/cm y concentraciones de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, CO₃, Cl⁻ y SO₄²⁻ muy bajos (SEGUSA, 1996). En la región Noroeste, Río Magdalena y Comaquito, la calidad la reportan aceptable (SHR, 1975). En Victoria, Río Zanjón y San Miguel presentan valores aceptables de parámetros hidrogeoquímicos y fisicoquímicos. Aunque, existen valores que son considerados anómalos, indicando los diferentes orígenes del agua subterránea o componentes del sistema (Técnicas Modernas de Ingeniería, 1977; SARH, 1986; SARH, 1987). Asimismo, la Costa de Hermosillo presenta dos graves problemas de contaminación con diferente origen :1) la creciente cuña de intrusión marina derivada de la explotación intensiva en los pozos de bombeo y 2) el manejo inadecuado de aguas residuales de las actividades agrícolas (Gómez, 1997; Monreal, et al.,2000; SGM, 2014). Rangel-Medina (2006) introduce el posible origen del agua subterránea en la Costa de Hermosillo como: flujos de recientes (10 - 500 años), flujos semiregional (10 a 1000 años), flujo regional (500 a 1000 años), recarga marina y paleoaigua (50000 a 100000 años). Adicionalmente, las edades relativas de 14C del agua subterránea en la Costa de Hermosillo varían de 280±40 a 30000±190 años (1975) y 25,820±190 años (2000) para el pozo PHB-15; las cuales asocia con paleoaigua que se encuentra almacenada en el basamento y con poca importancia para la explotación. También se han concentrado esfuerzos para plantear: balances hidrológicos, estimar la geometría del basamento granítico utilizando diversos métodos geofísicos, geometría de la cuña arcillosa, espesores de los acuíferos granulares, evolución de la pluma de intrusión marina, las características hidrogeoquímicas e isotópicas del agua subterránea, y finalmente modelación del flujo de agua subterránea, entre otras investigaciones (Rangel-Medina, et al., 2006; Castro-García, 1998; IG-UNAM, 1978; IGF-UNAM, 1996). En este trabajo se interpreta un modelo hidrogeológico conceptual, donde los componentes del mismo, su origen e interacción están gobernados por el medio geológico-estructural y factores antropogénicos.

Sesión regular

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Organizadores:

Javier Arellano Gil
Enrique Coconi Morales

GP-1

EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA EN ROCAS ALMACÉN DE LA CUENCA DEL GOLFO DE MÉXICO

Hernández García Leidy Guadalupe¹, Vital Ocampo Angélica Gabriela¹,
Garduza Rueda Víctor Manuel¹ y Montoya Hernández Daniel de Jesús²

¹Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
²Instituto Tecnológico del Petróleo y Energía, ITPE
leidyg.hernandez@hotmail.com

A partir de la implementación de la metodología básica propuesta por Garduza (2017) y con el apoyo del software Geographix Discovery (GD), se realizó la evaluación cualitativa y cuantitativa en rocas almacén a dos pozos de la cuenca del Golfo de México. Con dichas evaluaciones, fue posible definir los intervalos que identifican las zonas con mayor probabilidad de potencial productora de hidrocarburos siendo esta de hasta 111,000 bls de aceite. De manera adicional se determinaron las propiedades petrofísicas como: la porosidad efectiva, la saturación de agua, volumen de arcilla, permeabilidad, saturación de agua irreductible, litología y volumen de hidrocarburo. Para la evaluación cualitativa, con la cual fue posible definir los intervalos posibles de producción de los dos pozos de estudio ubicados en el campo Ek-Balam y Lakach, se utilizaron registros convencionales como el registro resistivo, densidad neutrón y sónico de porosidad y se asumió diferente tipo de roca almacén. Definidos los intervalos de los pozos en cuestión, se procedió a realizar la evaluación cuantitativa para determinar las propiedades petrofísicas de dicha zona. Para ésta se utilizaron dos métodos de cálculo, uno realizado de manera manual y el otro por medio de software GD. Los resultados obtenidos por ambos métodos fueron comparados con el fin de validar la precisión de cada propiedad petrofísica de la roca encontrándose diferencias menores al 5% asumiéndose así una predicción confiable. Bibliografía Garduza, V. M. (2017). Manual para la interpretación de registros geofísicos y petrofísica. González, S. (2008). Interpretación de registros convencionales en un pozo petrolero. Memorias de residencias profesional, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ingeniería en Geociencias. Ramírez, J. H. (2007). Geographix Discovery suite de programas de lankmark Halliburton. Facultad de Ingeniería Programa de Petróleos Neiva, Universidad Surcolombiana.

GP-2

LA REFORMA ENERGÉTICA DE 2013-2014 EN EL SECTOR DE EXPLORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS, RESULTADOS Y PERSPECTIVAS

Hernández Ordoñez Rodrigo
Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH
rodrigo.hernandez@cnh.gob.mx

En diciembre de 2013 se reformó la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos para modificar diversos artículos que dan fin a la época del monopolio en las actividades de Exploración y Extracción de Hidrocarburos (EyEH). Durante la segunda mitad de 2014 se adecuó y generó el marco legal para reglamentar los cambios constitucionales. A partir de ese momento se crean diversas instituciones, se fortalecen los Organos Reguladores y se crea un sistema que permite la participación de empresas adicionales a las Empresas Productivas del Estado (EPE). En particular para las actividades de EyEH, se realizan mediante Asignaciones (para las EPE) o bien a través de Contratos para la Exploración y Extracción (CEE). En el presente trabajo se muestra la evolución de las Asignaciones desde la Ronda Cero, así como los resultados que se han obtenido de la ejecución de las actividades en las Asignaciones. Asimismo, se presenta la evolución de las actividades realizadas en los CEE que fueron otorgados, mediante procesos licitatorios. Adicionalmente, se contextualizan esos resultados debido a que en el periodo desde que se generó la Reforma hasta la actualidad, han sucedido diversos eventos que impactan al subsector de EyEH. Por mencionar alguno, los niveles del precio del petróleo, que durante la gesta de la Reforma mantuvieron un promedio de 90 dólares por barril, mientras que para la segunda mitad de la década de 2010 a 2020 mostraron un promedio de 50 dólares por barril, pasando por dos grandes eventos de caída de precios, en 2016 y 2020.

GP-3

LAS CUENCAS FORELAND DEL CENOZOICO DE MÉXICO Y SU IMPORTANCIA EN LA GENERACIÓN Y PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS

Arellano Gil Javier, Barragán Gasca Fanny Astrid y Santillán Piña Noé
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
arellano@unam.mx

México es un país con gran potencial petrolero debido a los diversos marcos geológicos que tiene, destacando las cuencas foreland que se desarrollaron al frente de la Sierra Madre Oriental (SMO) y de la Sierra de Chiapas (SCh) durante el Cenozoico, como consecuencia de procesos orogénicos y por la flexura litosférica, con la consecuente subsidencia que permitió el desarrollo de cuencas sedimentarias durante el Paleógeno y Neógeno en la planicie costera y en el Golfo de México, en las que se depositaron discordantemente sobre rocas del Jurásico-Cretácico gruesas secuencias sedimentarias terrígenas, siendo las de mayor volumen, las

formadas por turbiditas de aguas profundas. Dos de las principales cuencas sedimentarias foreland productoras de hidrocarburos se encuentran en la parte central-este del país, son la Cuenca de Chicontepec y la Cuenca de Veracruz, las que se originaron debido a los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide y su interacción con la subducción entre las placas Farallón y Norteamericana, que crearon un extenso orógeno y al frente del mismo depresiones topográficas que constituyen importantes cuencas sedimentarias; ambas cuencas se clasifican como cuencas foreland de retro-arco, asociadas a un margen tectónico de colisión océano-continente. En el sureste de México, también se tienen cuencas foreland del Cenozoico productoras de hidrocarburos, que se caracterizan por contener grandes volúmenes de sedimentos terrígenos acumulados en las depresiones ubicadas al frente de la SCh durante la Orogenia Chiapaneca, la que tuvo su mayor desarrollo en el Mioceno, producto de la subducción de la Placa del Pacífico y de la colisión del Bloque Chortis, lo cual dió origen a la fase principal de estructuración, cabalgamiento y desarrollo de numerosas fallas laterales, con el consecuente efecto tecto isostático que propició la inclinación de la margen continental hacia el norte y el desarrollo de las cuencas foreland. Las cuencas foreland del centro-este y del sureste de México, se rellenaron de sedimentos terrígenos provenientes de los orógenos de la SMO y SCh respectivamente, que en sus facies turbidíticas proximales y de abanico medio compuestas de areniscas, constituyen importantes rocas almacenadoras de hidrocarburos y en sus facies distales, conformadas de lutitas, son las rocas sello. Por otro lado, el gran volumen de sedimentos acumulados sobre rocas generadoras del Mesozoico propició un importante incremento térmico y de presión de sobrecarga, lo que favoreció que ocurriera la generación y la migración de los hidrocarburos que se encuentran en diferentes niveles estratigráficos.

Sesión regular

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Organizadores:
Rosalva Pérez
Juan Contreras

GET-1

DEFINICIÓN GRAVIMÉTRICA DEL LÍMITE NW DEL BLOQUE DE JALISCO

Álvarez Román¹ y Camacho Miguel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
ralva@prodigy.net.mx

La definición del límite NW del Bloque de Jalisco (BJ) ha estado en discusión al menos tres décadas. Los límites al N y al E fueron definidos por J. Allan desde que identificó a esta región como un bloque; sin embargo el límite NW quedó indefinido, porque aparentemente no presenta la clara estructura de graben y semi-graben (desgarramiento/rift) que caracteriza a los otros dos límites. La definición del límite NW tiene considerables repercusiones tectónicas en la región, pues de ello depende asimilar, o no, al BJ a una parte de la Provincia de Extensión del Golfo correspondiente a la cuenca de San Blas. En este trabajo utilizamos la anomalía de Bouguer (AB), derivada de datos satelitales del modelo EIGEN6-C4, en una región que abarca la extensión completa del BJ hasta la región mar adentro, más allá de la trinchera. También utilizamos el campo magnético de toda esa región, reducido al polo y con continuación analítica de campo hacia arriba de 6 km. Con estos insumos trazamos 17 perfiles perpendiculares a las fronteras bien definidas del N y E, los grabenes Tepic-Zacoalco y Colima. En cada perfil graficamos simultáneamente su respuesta gravimétrica completa (AB) y filtrada con un polinomio de segundo grado (D-AB), magnética (Mag) y topográfica (Topo), así como las derivadas direccionales de la AB en DX1, DY1, DZ1 y la segunda derivada direccional en Z (DZ2). Encontramos que AB, D-AB, y DZ1 alcanzan mínimos en, o cerca de la zona de rift. Los perfiles magnéticos también alcanzan mínimos en esas zonas, aunque no siempre, ya que el campo magnético local se altera por la proximidad de estructuras volcánicas y flujos de lava en la zona del graben. Los perfiles topográficos (Topo) también registran mínimos en muchas de esas zonas, aunque en otros muestran un comportamiento inverso, como el caso del Complejo Volcánico de Colima. Estos resultados nos permiten caracterizar en general a esas zonas de rift como mínimos gravimétricos. Aplicamos ahora el mismo análisis a la zona que se ha propuesto como límite NW del BJ. Trazamos 9 perfiles desde la zona de Compostela hasta la trinchera y encontramos que muestran las mismas características que los otros límites descritos, desde la trinchera hasta el Valle de Banderas. De ahí hasta Compostela el límite se caracteriza más bien por fallas que por zonas de graben, sugiriendo que el proceso de rift es incipiente. Este sería entonces el límite entre el Bloque de Jalisco y la Provincia de Extensión del Golfo.

GET-2

BAHÍA DE BANDERAS: UNA ZONA DE SURGENCIA ASTENOSFÉRICA

Álvarez Román¹ y Corbo Fernando²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²CGEO-UNAM

ralva@prodigy.net.mx

Bahía de Banderas (BB) es una de las fronteras del Bloque de Jalisco, tiene una extensión de 60 km en dirección E-W y ha sido identificada como un semi-graben. En estudios previos de tomografía sísmica de frecuencia finita y de un perfil magnetotérmico (MT) se determinó que la placa en subducción presenta un retraimiento (rollback), que ha sido localizado en la vecindad de Cabo Corrientes. Sin embargo, no existe una delimitación de la extensión de este fenómeno en esa zona. El propósito de este trabajo es explorar la extensión de la zona afectada por el retraimiento de la placa. Para ese propósito construimos dos perfiles sub- paralelos a la trinchera; en el primero modelamos 10 estaciones MT a lo largo de 220 km, iniciando en la Isla Isabel y penetrando al interior del Bloque de Jalisco (BJ), mientras que el segundo tiene una extensión de 120 km, incluye 9 estaciones MT, inicia en las Islas Marietas en BB y termina en interior del BJ. Como complemento a los modelos MT, sobre esas mismas líneas generamos modelos gravimétricos; estos modelados independientes se respaldan mutuamente. Tanto en el modelo de resistividad eléctrica como en el modelo de gravedad encontramos evidencias de surgencias (upwelling) de la astenosfera en la región previamente ocupada por la placa en subducción, antes de su retraimiento. Las respuestas corresponden a zonas de baja resistividad eléctrica y regiones de alta densidad que invaden las capas superiores de la corteza. El perfil que arranca de la Isla Isabel muestra una anomalía resistiva que tiene una frontera vertical de 35 km de profundidad, precisamente alineada con el cauce del río Ameca, en Valle de Banderas. En la zona de BB identificamos un canal vertical bien definido de ~45 km de anchura y más de 70 km de profundidad, de material eléctricamente conductor, flanqueado por regiones resistivas. Por encima de 30 km de profundidad la surgencia es ligeramente deflectada hacia el N, emergiendo en BB, en donde una zona de resistividad más baja localizada entre 2-6 km de profundidad se conecta con el océano en la región de BB, que aparece como la zona de menor resistividad. En esta sección se observa también la frontera eléctrica entre la corteza baja y el manto superior, que se define como el Moho eléctrico. A 20 km de profundidad observamos una región de posible acumulación de fusiones parciales en la base de la corteza (underplating) del mismo ancho que el canal conductor descrito. Estos modelos nos permiten estimar entre 30 y 40 km la anchura de la porción retraída de la placa, en la dirección paralela a la trinchera. Se ha observado que la ascensión litosférica, en particular

el modelo conocido como "narrow rifting", en el que material astenosférico asciende a la superficie en forma de V o U invertidas, inducen deformaciones superficiales en forma de grabenes y semi-grabenes, sugiriendo que Bahía de Banderas es el resultado de un fenómeno de este tipo.

GET-3

ESTIMACIÓN DE FLUJO DE CALOR EN ALTO GOLFO DE CALIFORNIA Y CORRELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE FALLAS

Fuentes Karina¹, Negrete-Aranda Raquel², Neumann Florian³, Contreras Juan³ y González Escobar Mario⁴

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²Catedrático CONACYT, Laboratorio de Tectonofísica y Flujo de Calor, Departamento de Geología, CICESE, Ensenada, Baja California

³Laboratorio de Tectonofísica y Flujo de Calor, Departamento de Geología, CICESE, Ensenada, Baja California

⁴Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE, Ensenada, Baja California
karina.fbustillos@gmail.com

El sistema de Rift del Alto Golfo de California (AGC) es el producto de la divergencia oblicua entre las placas Pacífico y Norteamérica, y está caracterizado por una deformación transtensional. Esta alberga la transición de un sistema de rift continental a uno oceánico. Una teoría propuesta en la literatura es que las fallas del sistema operan como conductos potenciales para el transporte de calor de la profundidad hacia la superficie a través de fluidos hidrotermales. Al ser el AGC un área de potencial geotérmico, la toma de datos de flujo de calor resulta fundamental para un posible aprovechamiento geotérmico. Sin embargo, la adquisición directa de datos requiere una alta inversión económica. En este trabajo se propone un modelo empírico de mejor ajuste de los mecanismos que favorecen el transporte de calor en el AGC. El modelo se basa en establecer una regresión multivariada de las características geométricas de las fallas tales como la densidad de fallamiento, espesor sedimentario, profundidad total y penetración relativa con valores reportados de flujo de calor para el AGC. Con base en éste análisis, se generó un modelo lineal de primer orden de la eficiencia de las fallas del AGC para transportar calor. Las predicciones arrojadas por el modelo son muy cercanas a los datos reportados, principalmente en las cuencas Wagner y Consag. El modelo predice correctamente altos valores de flujo de calor en las zonas con mayor concentración y profundidad de penetración de fallas. Lo anterior apoya la hipótesis que sugiere que las características de falla afectan directamente la eficiencia de una falla para transportar calor. El modelo presentado podría ser de gran utilidad para apoyar estudios de potencial geotérmico en el AGC, así como extrapolarse a otras áreas de interés geotérmico que cuenten con estudios geológicos y datos sísmicos previos. La implementación del modelo resulta innovadora para brindar estimaciones preliminares de flujo de calor a partir de las características geométricas de fallas.

GET-4

A NEW METHOD FOR FAULT-SCARP DETECTION USING LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS IN HIGH RESOLUTION BATHYMETRY DATA FROM THE ALARCÓN RISE AND PESCADERO BASIN

Vega Ramírez Luis Angel¹, Spelz Madero Ronald Michael², Negrete-Aranda Raquel¹, Neumann Florian¹, Peña Domínguez Juan Gerardo³, Contreras Juan¹, Caress David³ y Thomas Hans³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²Universidad Autónoma de Baja California

³Monterey Bay Aquarium Research Institute

lvega@cicese.edu.mx

The identification and mapping of faults and fractures is a problem of high relevance in Earth Sciences. Given the fractal nature of the resulting networks, this problem is well suited to be explored by machine learning and deep-learning methods. The linear discriminant analysis (LDA) is a common technique in machine learning and pattern recognition for data classification. It is used in this work to detect faults-scarps in high-resolution bathymetric profiles (1m horizontal and 0.2m vertical) of the Pescadero Basin in the southern Gulf of California. The crux of the method consists in projecting a series of structural parameters from an n-dimensional space to a space of n=1 dimensions. In this new space, we built normal probability density functions from the 1D projected data to classify faults. The training parameters for the LDA are the product of the mass diffusion coefficient with time and scarp height. The training parameters were obtained through parameter inversion of fault scarps in the neighboring Alarcón Rise to avoid circularity. The results of the implementation of the LDA in various cross-sectional profiles along the Pescadero Basin show an excellent ability to detect faults in the deepest part of the basin where the flat basin floor is only interrupted by arrays of fault scarps.

GET-5

AUTOGENIC ORGANIZATION OF SYN-TECTONIC SEDIMENTARY PATTERNS AROUND DEEP-WATER DETACHMENT FOLDS: A SIMPLE DYNAMIC MODEL

Lotero Velez Andrea¹, Contreras Juan², Yarbuh Ismael³ y Borges Santana Oscar⁴

¹Posgrado de Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

³Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California
andrea.lotero@uqg.com

We present a dynamical model linking the formation of detachment folds, degradation of topography, and deposition of sheet-like sedimentary bodies in deep-water foldbelt environments based on a nonlinear reaction-diffusion equation. The model includes the essential time and length scales of the tectonic deformation field and surface processes. Our goal is to understand the formation of growth strata around fault-related folds using an idealized physical model for the growth of detachment anticlines and deposition of synkinematic strata. We are particularly interested in the formation of autogenic features produced by internal feedback loops that, otherwise, might be interpreted in terms of environmental or tectonic signals. We focus on deep-water environments since feedbacks between sediment dispersal and fold growth are greatly enhanced in this environment. Notably, the model behaves as a damped spring-mass system or perhaps more exactly as a mass-spring system with friction. The system behaves "overdamped", under certain conditions, i.e., it decays to an equilibrium state characterized by a steady-state stratigraphy, whereas under other conditions it behaves "underdamped", i.e., it tends to produce an oscillating (autogenic) stratigraphy. We represent the stratigraphic response predicted by our model in a two-dimensional parametric space whose axes are given by the Peclet number (Pe), the ratio of the mass transported by tectonic uplift and the mass transferred by diffusive hillslope processes, and the sediment delivery number (Sd), the ratio of sediments transported by density currents to those produced by intrabasinal processes. We identify three well-defined regions of sedimentary behavior in that parametric space. A central domain ($Pe > 2$, $Sd > 2$) of cyclic stratigraphy produced by self-sustained oscillations in the sedimentary system, and two regions near the graph axes of stable sedimentation in which a continuous stratigraphy is produced. In the central domain, all the system mass fluxes are equally important. This creates the conditions for a series of complex interactions between hillslope sediment transport, fold growth, and sedimentation. The other two regions correspond to end-members in which either the or are small. For small values, topographic degradation and sediment dispersal by hillslope transport dominate over tectonic uplift. Thus, any tectonic perturbation appearing in the system dissipates readily. For small values, sediment transport is dominated by creep, and the system rapidly evolves toward a steady state.

GET-6

DEFORMACIÓN POR ACORTAMIENTO EN ROCAS DEL TRIÁSICO TARDÍO EN EL ÁREA DE TOLIMÁN, QUERÉTARO

Vasquez Serrano Alberto¹, Nieto Samaniego Ángel Francisco², Rangel Granados Elizabeth³ y Alaniz Álvarez Susana Alicia⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

En los alrededores del poblado de Tolimán, Querétaro, en el centro de México, afloran rocas sedimentarias clásticas del Triásico Tardío (Formación El Chilar), las cuales se han interpretado como producto del depósito de uno o varios abanicos submarinos en el margen Paleó-Pacífico de Pangea. La deformación que registran las rocas del Triásico Tardío ha sido asociada a un margen activo, basándose en el supuesto de que tienen una deformación compleja. Lo anterior ha llevado a nombrar a este conjunto de rocas como Complejo El Chilar. A pesar del conocimiento adquirido en los últimos años sobre la naturaleza de depósito de las rocas del Triásico Tardío en México, hasta ahora no existían estudios cuantitativos y de la cinemática de estructuras, que ayuden a entender el tipo de deformación y el contexto tectónico en que ocurrió. En el presente trabajo se realizó el estudio detallado de la cinemática de estructuras mesoscópicas y la estimación de magnitudes de deformación, así como un mapeo geológico-estructural a escala 1:10,000 y 1:20,000 en el área de Tolimán, Querétaro. La Formación El Chilar registra dos eventos de deformación por acortamiento. El primer evento (D1A) está caracterizado por pliegues abiertos de tipo chevron con un clivaje de plano axial incipiente en las capas menos competentes (lutitas). El segundo evento (D2B) se asocia con fallas inversas mesoscópicas y kilométricas que cortan a los pliegues abiertos. El primer evento de deformación registra un acortamiento promedio de aproximadamente 30 %, asociado a los pliegues chevron que afectan a la sucesión de rocas estratificadas de la formación El Chilar. Los pliegues son clase 1B y 1C en la clasificación de Ramsay y tienen planos axiales que se inclinan hacia el SSW, consistente con las fallas inversas de este primer evento, que tienen una dirección de transporte tectónico hacia el NNE. Por otra parte, el segundo evento de deformación es registrado en las rocas de la Formación El Chilar a través de fallas inversas con una dirección de transporte hacia el E. Basado en nuestras observaciones y con la información geológica previa en el área de estudio, sugerimos que las rocas del

Triásico Tardío registran dos eventos de deformación por acortamiento, el primero ocurrido probablemente durante el Jurásico Temprano asociado con el inicio de la subducción en el margen Paleó-Pacífico de Pangea. Mientras que el segundo evento está relacionado con el Orógeno Mexicano del Cretácico Tardío-Paleógeno.

GET-7

GEOLOGÍA Y CONTROLES ESTRUCTURALES DE UNA SECUENCIA DE TRAVERTINOS Y SÍNTERS EN LA ZONA EL TERRERO (TOBA EL TERRERO), SIERRA DE GUANAJUATO, MÉXICO

Ángeles-Moreno Edgar, Miranda-Avilés Raúl, Puy-Alquiza María Jesús, Kshirsagar Pooja y Valtierra-Millán Félix Fernando
Universidad de Guanajuato
e.angeles@ugto.mx

La Toba El Terrero fue definida por Martínez-Reyes (1992) como tobas lacustres con capas silicificadas con presencia de icnofósiles y considerada del Plioceno tardío. Esta secuencia se ubica 13 km al Noroeste de la ciudad de Guanajuato, al pie de los cerros El Gigante y La Giganta. La Toba El Terrero sobreyace discordantemente a la andesita el Gigante del Oligoceno. En este trabajo se describe y redefine la Toba El Terrero a partir de cartografía geológica, descripción sedimentológica y geología estructural. La Toba El Terrero tiene un espesor que varía lateralmente de 10 a 70 m, constituida de una secuencia de rocas volcánicas, epiclásticas, y depósitos geotermales de sinter, travertinos calcáreos y tufas. Los travertinos, tufas y sinters se presentan en capas y laminaciones de espesores variables con terminaciones lenticulares o en forma irregular de parches, con texturas laminares, esponjosas, enrejado, estructuras de desgasificación verticales, así como la presencia de restos de raíces y antigua actividad orgánica en las tufas. Los travertinos y sinters silíceos laminares, localmente presentan estructuras de deformación en forma de domos y pliegues centimétricos, característicos de tapetes bacterianos comunes en ambientes geotermales. En el aspecto estructural hemos interpretado que los travertinos y sinters fueron controlados espacial y estructuralmente por una falla mayor con dirección N-S que es parte de un grupo de fallas laterales N-S y NE-SW. La distribución espacial de los afloramientos a lo largo de 2.7 km de su trazo (falla El Terrero), sugiere que la falla N-S y otras fallas subparalelas fueron aprovechadas como zonas alimentadoras de fluidos hidrotermales que mantuvieron activo el sistema geotermal en la región de El Terrero a manera de manantiales de agua termal (hot springs). La falla El Terrero pone en contacto a la secuencia de travertinos y sinters con rocas riódacíticas y rocas piroclásticas ácidas derivadas de domos volcánicos riolíticos y riódacíticos que pueden ser equivalentes litológicamente y en edad a la Riolita Chichindaro de 30Ma. La presencia de travertinos y sinters de origen hidrotermal controlados por fallas en la parte Norte de la Veta Madre añaden nuevos elementos a la geología del Distrito Minero de Guanajuato.

GET-8

ANÁLISIS TECTÓNICO DE LA REGIÓN DE ARCADIA EN EL PLANETA MARTE

García-Jove Catalina
Universidad Católica del Norte, UCN
cgarciajove94@gmail.com

Este trabajo se enfoca en una zona del hemisferio norte del planeta Marte, correspondiente principalmente a la región de Arcadia, y parte de las regiones de Tharsis y Lunae Palus. Más concretamente el volcán Alba Patera y los terrenos de Tempe Terra. La evolución geológica del área de estudio se resume en 5 escenarios principales según Anderson et al., (2001), donde las estructuras de Tempe Terra son las primeras en formarse durante el Noeico y Hespérico temprano, seguidas por la formación del volcán Alba Patera, con un dominio estructural durante el Hespérico tardío y Amazónico temprano. Los objetivos de este estudio son comprender las relaciones estructurales del área, y para lograrlo se ha realizado un mapeo detallado de un total de 3.371 estructuras en toda el área de investigación, caracterizando 5 familias de fallas principales clasificadas por la autora, las fallas "NE", "Curvas", "NS", "NW" y las "estructuras en bloque". Donde su diferenciación inicial tiene la finalidad de estudiar estas familias por separado y ver si se relacionan entre sí, para luego agruparlas si llegasen a ser correlacionadas. También el área de estudio se ha dividido en 4 subzonas, haciendo el estudio aún más detallado, ya que el terreno a estudiar es de unos 8.750.000 Km², un poco menos del área de los Estados Unidos. Se realizaron análisis estructurales en las diferentes zonas observándose estructuras volcanotectónicas, las cuales obedecen tanto un régimen tectónico local como regional. Las estructuras asociadas al régimen local corresponden a diques provenientes de la cámara magmática del volcán Alba Patera. Y las estructuras regionales se asocian a diques provenientes del reservorio magmático a mayores profundidades, como también fracturas que se propagan desde los terrenos de Tempe Terra hasta el volcán Alba Patera ya relacionados a una extensión regional del área de estudio. También se han encontrado registros de estructuras más específicas como las estructuras de puntos triple, que indican extensión radial o abombamiento cortical debido a la intensa actividad magmática. Y las estructuras en escalera que pueden ser causa de movimientos de cizalla como de diferencias isostáticas en el terreno. Se realizaron perfiles topográficos a lo largo de toda el área de estudio, donde se han observado morfologías de sistemas de horst y graben, asociadas a las extensiones regionales que han ocurrido en el terreno a

lo largo del tiempo. Se han generado diagramas rosas direccionales, los cuales muestran las direcciones preferenciales de las estructuras en las diferentes zonas, a su vez se clasifican en base a las familias asignadas inicialmente. Finalmente se ha confeccionado un mapa con las fracturas ya analizadas, agrupándolas por origen y tiempo de formación, generando así un orden cronológico de las estructuras de la región de Arcadia en el planeta Marte.

GET-9

FRACKITA: A MATLAB CODE FOR THE 1D ANALYSIS OF GEOLOGICAL FRACTURES

Vasquez Serrano Alberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

The geological fractures are the main way in which the fragile deformation is accommodated in the rocks of the upper crust. Commonly, the scanline method is used for the study of fracture patterns in one dimension analysis (1D). The data obtained through of the scanline methodology can be used for to calculate some parameters related to the spatial arrangement (Box dimension, Correlation dimension, Lyapunov exponent, coefficient of variation and Intensity of fractures). The spatial arrangement is a fundamental characteristic of fracture arrays that governs how faults and fractures affect fluid flow and impacts our understanding of fracture mechanics. The Frackita MATLAB code is a tool that automatize the calculation of parameters previously published, such as Box dimension, Correlation dimension, Lyapunov exponent, Coefficient of variation and Intensity of fractures. In addition, the Frackita code produce synthetic fracture patterns that help to understand concepts, such as fracture clustering, size fracture distribution and spatial distribution of fractures. The Frackita code use the spacing data obtained of the scanlines on thin sections, outcrops, and aerial photographs or satellite images. The implemented methods are scale independent and can be applied in spacing data from micro- to macro-scales. The Frackita code runs on any computer with MATLAB installed, including PCs with Microsoft Windows, Apple Macs with Mac OS X, and computers with Linux (Ubuntu).

GET-10

NATURALEZA Y EDAD DE LA DEFORMACIÓN DE LA FALLA CHACALAPA EN EL SEGMENTO PUERTO ESCONDIDO-HUATULCO, SUR DE OAXACA

García Hernández Samantha Yahel, García Rodríguez Hermes Martín, Morán Zenteno Dante Jaime y Tolson Jones Gustavo
Instituto de Geología, UNAM
samy_luva1114@ciencias.unam.mx

El Sistema de Falla Chacalapa constituye un rasgo tectónico prominente de la margen continental del sur de Oaxaca expresado como cauces de ríos y crestas alineadas. Se subdivide en tres segmentos: el primero constituye un cinturón milonítico de hasta 2 km de espesor orientado con un rumbo ENE-WSW y restringido al norte de las localidades de Xadani, Huatulco y Pochutla. El segundo segmento de la Falla Chacalapa entre Puerto Ángel y Puerto Escondido se ramifica en al menos tres lineamientos discontinuos que conforman una franja milonítica de aproximadamente 20 km de ancho con orientación E-W. Finalmente, el tercer segmento se distribuye entre Puerto Escondido y Jamiltepec, el cual está formado por zonas de cizalla de régimen frágil orientadas en sentido WNW-ESE. La presencia de estos rasgos en la actual margen continental mexicana se considera un rasgo relicto del desplazamiento del bloque de Chortís durante el Eoceno – Mioceno. El presente estudio se enfoca en el transecto Puerto Escondido-Huatulco, en donde las zonas de cizalla involucran la deformación cristal-plástica del ensamble conformado por plutones paleozoicos, batolitos cenozoicos y diques máficos. Esta franja milonítica muestra evidencia del emplazamiento sintectónico de los batolitos Pochutla y Colotepec, datados para el Oligoceno – Mioceno. El análisis de los mecanismos de deformación en los diques, así como en las rocas cuarzofeldespáticas indican que la deformación alcanzó la facies de anfibolita. Por su parte, los indicadores cinemáticos sugieren un desplazamiento predominante de tipo lateral izquierdo. Adicionalmente, se observaron estructuras propias de deformación frágil sobreimpuestas al régimen cristal-plástico, tales como fallas, fracturas, cataclasis y pseudotaquilitas. Lo anterior sugiere un subsecuente evento de exhumación para la zona de cizalla. Por su parte, la edad de la deformación fue constreñida entre 29 y 23.7 Ma para la región de Huatulco, mientras que para el transecto de Puerto Escondido-Puerto Ángel se propone una edad entre 20.4 y 32 Ma. La distribución espacio-temporal de estos rasgos sugiere una relación directa con el tránsito del bloque de Chortís durante el Oligoceno – Mioceno, en donde el desplazamiento del bloque produce una corteza debilitada que es susceptible al proceso de erosión por subducción. Tradicionalmente se ha considerado a la Falla Chacalapa como el contacto tectónico entre los terrenos Oaxaqueño y Xolapa. Sin embargo, la presencia de intrusivos paleozoicos afectados por las zonas de cizalla sugiere que el complejo Oaxaqueño podría extenderse hacia el sur en la región de Puerto Escondido, con lo que se restringe el alcance del Complejo Xolapa. Por otra parte, la presencia de batolitos cenozoicos en el área representa la erosión y exhumación diacrónica de un arco magmático extinto que pudo acelerar la madurez térmica de la corteza y favorecer el desarrollo de zonas de cizalla en un régimen cristal-plástico. De manera análoga, las zonas de cizalla representan anisotropías corticales que facilitaron el emplazamiento somero de magmas.

GET-11

RELACIONES ESPACIO-TEMPORALES DE LA REGIÓN DE JAMILTEPEC-PUERTO ESCONDIDO, OAXACA

García Rodríguez Hermes Martín¹, García Hernández Samantha Yahel² y Morán Zenteno Dante Jaime²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
hermespr4r@hotmail.com

La margen continental del estado de Oaxaca es conocida por la presencia de numerosos batolitos cenozoicos emplazados en el Complejo metamórfico Xolapa. La amplia distribución de estos cuerpos en superficie ha sido interpretada como la exposición de las raíces de un arco magmático extinto, resultado de la rápida exhumación-erosión de la margen continental mexicana. En este trabajo se presentan nuevos datos para los tres batolitos que afloran entre las localidades de Jamiltepec y Puerto Escondido, los cuales afloran en un área aproximada de 1300 km² y pertenecen a un pulso magmático oligo-miocénico que se extiende de manera continua desde Pinotepa Nacional hasta Salina Cruz. Estos cuerpos presentan composiciones modales principalmente monzograníticas, granodioríticas y tonalíticas, con biotita y hornblenda como las principales fases máficas. En el caso particular de los batolitos Jamiltepec y Progreso, destaca también la presencia de fenocristales de titanita. Los análisis de elementos mayores y trazas reflejan un típico comportamiento de magmatismo de arco, con un claro enriquecimiento de elementos LIL respecto a los HFSE, así como una alta relación de LREE / HREE, que indica fraccionamiento de una fuente relativamente somera. Las afinidades calcoalcalinas y metaluminosas refuerzan esta interpretación, aunque se cuenta con ligeros atisbos adakíticos en el batolito Jamiltepec que podría indicar también una fuente magmática profunda. Las relaciones ⁸⁷Sr / ⁸⁶Sr / ¹⁴⁴Nd / ¹⁴³Nd indican claros aportes corticales, mientras que los datos termobarométricos indican una profundidad de emplazamiento de # 14 km. Los fechamientos U-Pb arrojaron 4 edades de cristalización que oscilan entre 27.5 y 25.9 Ma, las cuales se asemejan a las edades de enfriamiento K-Ar previamente obtenidas en el área. Esto indica rápidos procesos de emplazamiento y posterior exhumación, cuya tasa se estimó en # 0.4 km/Ma. La rápida exhumación de los batolitos obedece a la remoción de la margen continental mexicana, favorecida por el desplazamiento sinistral del bloque de Chortís y la subsecuente erosión por subducción. Con el avance del bloque, el límite transcuriente evoluciona a un margen convergente activa, lo que produce la reducción del ángulo de subducción y la migración paulatina del magmatismo hacia el norte y el este. Al considerar las edades de cristalización U-Pb obtenidas en batolitos adyacentes se puede estimar una tasa de extinción con sentido NW-SE para el segmento Tierra Colorada - Salina Cruz de # 23.6 km/Ma. Finalmente, la obtención de 2 edades paleozoicas permitieron reconocer la presencia de un basamento pérmico en el área de Puerto Escondido, el cual parece tener afinidad con el Complejo Juchatengo.

GET-12 CARTEL

LA RELEVANTE EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL OLIGOCENO AL HOLOCENO EN EL TERRITORIO DE MÉXICO Y SU METALOGÉNESIS

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazanperkins@hotmail.com

La sucesión litoestratigráfica del Precámbrico de México, definida por siete supergrupos, permite establecer que al final del Paleógeno, la Faja Neovolcánica Transmexicana(FNTM) estaba limitada tectónicamente por la corteza primigenia de la Tierra, ahora levantada y profundamente devastada en el tiempo y espacio. Hacia el Mioceno, quedaba suturada la FNTM con el cierre estructural del Mar de Thetys mesozoico. Los bloques aparecen truncados por la intensa compresión al NWW entre los 36-22 Ma con acreción volcánica de estilo germánico en pilares y grabens. Acompañado del emplazamiento de importantes yacimientos hidrotermales a lo largo del altiplano de México, movilizados del Supergrupo Acatlán del Mesoproterozoico. Esto es, que entre los 36-22 Ma el plutonismo laramídico emplazó extensos depósitos hidrotermales de Fe, Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Sb, Hg, en vetas, mantos, chimeneas, stockwork, skarn y diseminados, para los distritos de Ixcuinatoyac, Zumpango, Mezcala, Taxco, El Oro-Tlalpujahua, Tizapa, Pachuca, Guanajuato, Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Concepción del Oro, La Velardeña, Naica, Santa Eulalia, La Encantada, San P. Corralitos-Bismark entre otros. Emplazados en potentes secuencias de calizas mesozoicas y volcánicas terciarias, mediante el plis de fond, a lo largo del altiplano de México, sin mostrar zonación concéntrica con los clásicos porphyry copper deposits, muy diferentes. Movilizados a partir de sulfuros masivos vulcanosedimentarios, entre los 390°-240°C, de la Dorsal de El Ocotito de la Formación Ixcuinatoyac, parte basal del Supergrupo Acatlán, distribuidos en diferentes niveles, a partir de la potente secuencia de 8 km del Geosinclinal Acatlano, prolongación meridional del Belt Purcell Supergroup (Canadá). El conjunto de fuerzas y reacciones de placas tectónica en el territorio de México, explican los mecanismos que originan los procesos de metalización de las fajas mineralizadas, derivadas del Precámbrico y sus implicaciones durante el Terciario. Mientras la apertura oceánica de la Dorsal del Atlántico (Mid-Atlantic Ridge), persista con actividad volcánica submarina, continuará la fuerza motriz de interacción lateral de placas tectónicas y colisión del Continente Americano,

contra la placa fraccionada del Océano Pacífico, resistencia que origina los efectos sísmicos. Partimos que el Mid-Atlántico Ridge está activo desde el Cretácico Medio, para generar progresivamente la trinchera de subducción de Chicontepec-Vista Hermosa-Palenque y la trinchera de Chilpancingo-Bavispe ambas con polaridad al poniente, responsables de la Sierra Madre Oriental y de la Sierra Madre Occidental. Al mismo tiempo la placa Pacífico se fraccionaba y actuaba en sentido opuesto como una reacción hacia el oriente, para implicar la intensa compresión del Cretácico Medio al Holoceno. Hacia el Oligoceno, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno y el Holoceno concurren intensos eventos de compresión cortical al poniente en el territorio de México, para desarrollar los mayores desplazamientos de bloques y desgarres de las tres principales megashear activas en el país. Estas estructuras las podemos identificar 1) Megashear Monterrey-Sonora-Mohave; 2) Sutura del Mar de Thetys de la Faja Neovolcánica Transmexicana, con desplazamiento al NW de la Península de Baja California y 3) Fallas de Polochic-Motagua que implica el desplazamiento al sureste de la Placa Caribeña y de Centro-América.

GET-13 CARTEL

EFFECTOS TECTÓNICOS DEL BLOQUE ALÓCTONO DE CHIHUAHUA-COAHUILA, A LO LARGO DE LA MEGASHEAR ACTIVA DE MONTERREY-SONORA-MOHAVE

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazanperkins@hotmail.com

Esta estructura alóctona activa comprende al Bloque Chihuahua-Coahuila y el basamento de la Cuenca Mesozoica de Sabinas en dirección poniente, desprendida a partir del Cretácico Medio desde el Gneis Novillo. Por consecuencia, el bloque implica una secuencia sucesiva y análoga que incluye al Arqueano, Proterozoico, Paleozoico y Mesozoico de régimen Grenvilliano. Su intensa compresión tectónica al NW repercute en el desgase erosivo de Sonora-Arizona y el progresivo fallamiento y fracturas corticales del sistema San Andrés, con la actividad sísmica que acontece en California del Suroeste de EUA. Es decir, el macizo arqueano Burro-Picachos empuja, cabalga para cerrar la cuenca jurásica de Sabinas, sobre llevando lateralmente la secuencia de la Sierra de Parras con pliegues muy cerrados. Estos movimientos y empujes se dejan sentir hasta Sonora y California, con fracturas y fallas transcurrentes que implican continuos sismos trepidatorios de gran magnitud y progresivos hacia la costa del Pacífico. Si la apertura oceánica del Mid-Atlantic Ridge persistiera para los próximos 10-15 Ma, el desplazamiento del Bloque Chihuahua-Coahuila incrementará sus desplazamientos hacia el poniente, en la ruta trazada por debilidad o adelgazamiento de la corteza, para ocasionar grandes cambios morfológicos por interacción de placas hacia la zona costera. Estos cambios serán producidos tectónicamente por los bloques precámbricos involucrados del basamento, para dejar archipiélagos con numerosas islas desprendidas del continente, hacia la costa del Pacífico, de lo que ahora constituye la Península de Baja California y el Estado de California de los EUA. Es decir, los bloques del frente Chihuahua-Coahuila, podrían alcanzar la costa del Océano Pacífico. Queda agregar que el desplazamiento medido E-W desde Monterrey hasta Guanaceví, Durango, comprende un movimiento de 625 kilómetros hasta el Holoceno, derivada de los empujes al poniente del Bloque Chihuahua-Coahuila. Los efectos tectónicos se advierten hasta los distritos mineros La Velardeña, Rincón de Romos-Tepezala, Aguascaliente y hasta Guanaceví, Durango. Estos efectos se manifiestan por el enorme pilar diagonal del Oligoceno de la Sierra de Guanajuato tipo Horts, que se extiende orientada SE45°NW, con la misma analogía estratigráfica, estructural y metalogénica, desde San José Iturbide, Guanajuato hasta Guanaceví, Durango, con la característica gran producción de plata y oro. En su conjunto, los yacimientos de esos distritos se alojan en vetas hasta de 4 km de largo y variable potencia hasta de 100 m, con echados que oscilan del vertical al NE y SW, productores de Au, Ag, Cu y Pb-Zn, emplazados entre el periodo de 36 a 22 Ma, mediante granitoides anatexíticos, a partir de los sulfuros masivos de la Dorsal de El Ocotito de la Formación Ixcuinatoyac, de la parte basal del Supergrupo Acatlán del Mesoproterozoico

GET-14 CARTEL

LA SUTURA DEL MAR DE THETYS EN LA FAJA NEOVOLCÁNICA TRANSMEXICANA, IMPLICA EL DESPLAZAMIENTO AL NW DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazanperkins@hotmail.com

Las fuerzas compresivas de sutura y desgase de la megashear de la Faja Neovolcánica Transmexicana, (FNTM) durante el Neógeno, implica sucesivamente el desplazamiento al NW de la Península de Baja California. Esto es, que al disgregarse la Pangea al final del Paleozoico, culmina con la sutura del Mar de Thetys mesozoico, mediante la colisión de bloques de secuencias precámbricas truncadas de la corteza primigenia de la Tierra. Las rocas que limitan a la Faja Neovolcánica Transmexicana (FNTM) en su parte meridional, son de carácter toleítico tipo MORB, del Supergrupo Zihuatanejo de la Faja Estructural Cananea occidental y por los klippen toleíticos del Grupo La Esmeralda, San Pedro Limón,

Estado de México. Implican a los supergrupos Pápalo komatítico y al Grupo Los Alisos que afloran como klippen arqueanos del Grupo Tecolutla, Tehuiztzingo, Puebla. También en Cuicatlán-Pápalo y del Cañón Tomellín, Oaxaca, del área tipo del Supergrupo Pápalo del escudo mexicano. Por tanto, el límite septentrional de la FNTM comprende La Sierra de Guanajuato, con los potentes grupos basales Los Alisos, San Juan de Otates y El Charape. También, las potentes secuencias del Gneis Huiznopala, Hidalgo y el Macizo de Teziutlán. Por tanto, la Faja Neovolcánica Transmexicana constituye la mega sutura final del Mar de Thetys, hasta el Holoceno, limitada por las secuencias primigenias de la corteza truncadas y devastadas por erosión. De la estratigrafía y evolución tectónica se desprende que al finalizar el Oligoceno, la subducción desde las trincheras de Chicontepec-Vista Hermosa-Palenque, así como la de Chilpancingo-Bavispe, ambas en dirección poniente, originaban una morfología tectónica de estilo germánico con pilares y grabens a lo largo y ancho del territorio. Estos movimientos compresionales al poniente implican para el Mioceno y Pleistoceno, sistemas de fracturas de desgase N-S con inflexión al NNW, identificados a lo largo de la potente secuencia de esquistos del Supergrupo Acatlán del Mesoproterozoico, aflorantes en Jalisco, Nayarit y Sinaloa, de naturaleza plástica y frágil como basamento a lo largo de la mitad occidental del territorio de México. La intensidad de las fuerzas al NW, se deben a la acción penetrativa de la Plataforma de Yucatán hacia el poniente, bajo la Sierra Madre de Chiapas, para generar el desplazamiento y cabalgadura de los esquistos del Supergrupo Acatlán de la falla inversa Papalutla, del Bloque de Jalisco y progresivamente el desprendimiento de la Península de Baja California, durante el Neógeno. Los mayores efectos tectónicos se generan por la megasutura de desgase de la FNTM, al constituir la parte más débil y fracturada del país. Durante los últimos dos millones de años en la FNTM han ocurrido los mayores edificios volcánicos andesíticos, con alturas entre 3500 a 5600 metros. Además de centenares de conos volcánicos cineríticos y derrames basálticos cubiertas de piroclásticos. Para el bloque meridional constituido por los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Guerrero, Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas, resentirán los mayores efectos tectónicos, derivados del Macizo de Teziutlán, Macizo de los Tuxtlas y de la Plataforma de Yucatán, con vulcanismo reciente para la FNTM.

GET-15 CARTEL

LOS EMPUJES PENETRATIVOS DE LA PLATAFORMA DE YUCATÁN, BAJO LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, IMPLICAN LA REACCIÓN SINISTRAL DE LA PLACA CARIBEÑA AL SURESTE

Bazán Barrón Sergio y Bazán Perkins Sergio Dale
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazanba@hotmail.com

Los mayores efectos tectónicos hacia el Neógeno y Pleistoceno provienen de la subducción y colisión de la Plataforma de Yucatán con la Sierra Madre de Chiapas, con resistente basamento precámbrico. La evidencia tectónica se manifiesta por la activa trinchera de subducción hacia el poniente desde Teapa y Palenque, estado de Tabasco. La Sierra Madre de Chiapas en su mayor parte comprende gneises vulcano-sedimentarios del arco insular del Supergrupo Telixtlahuaca del Mesoproterozoico, en menor proporción por cuerpos graníticos paleozoicos, mesozoicos y del Terciario. La megashear de Polochic-Motagua de la placa Caribeña, ha sido desplazada por movimientos lateral izquierdo desde Jalisco y Nayarit a partir del Cretácico Inferior y durante el Terciario, para confirmar la continuidad de la Faja Estructural Cananea (FEC) en Centro América. La parte continental rebana del Sur de México pudo extenderse unos 500 km en el Océano Pacífico, ahora representada por bloques precámbricos rotados y desplazados de Chortis, Las Grandes Antillas y Centro-América, con presencia de yacimientos porphyry copper deposits en Panamá, Cuba, Puerto Rico y Haití, para confirmar el desplazamiento. Estos bloques desplazados de la FEC comprenden dorsales tipo MORB, de la corteza primigenia de la Tierra, cuando formaban parte del occidente de México, desde Jalisco hasta Chiapas. Hacia la parte meridional de la FNTM ocurren los mayores eventos sísmicos en México, debido a la debilidad, delgadez y plasticidad de la corteza. Esto es, para los estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Puebla y Morelos, con efectos más intensos hacia las zonas costeras donde la energía acumulada se disipa. Los efectos tectónicos se atenúan para la parte septentrional de la FNTM, que comprende el norte de Veracruz, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes, Jalisco y Nayarit con terreno más sólido y resistente de los macizos precámbricos de Teziutlán, Sierra de Guanajuato, Gneis Huiznopala y del grupo El Charape. La energía y presión se desplaza hacia el Bloque de Jalisco, con los volcanes del Nevado de Colima y El Seboruco, que implica también el desprendimiento de la Península de Baja California. El desplazamiento lateral derecho del bloque meridional de la FNTM, se debe a los empujes del basamento precámbrico del Macizo de San Andrés Tuxtla hacia el poniente, para levantar la Sierra de Juárez con la extensa y profunda milonitización de la secuencia precámbrica desde el Oligoceno al Holoceno. Los empujes progresivos desde el oriente, generan desplazamiento regional al NW para el gran bloque septentrional de México. Los últimos 25 millones de años, la tectónica acresional con desplazamientos hacia el NW para el cratón de Norte-América, derivan de los colosales empujes del basamento precámbrico de la Plataforma de Yucatán, bajo la Sierra Madre de Chiapas. Estos empujes desplazan lateralmente bloques corticales de la parte occidental de México. Al mismo tiempo, interaccionan otros bloques precámbricos como el Macizo de los Tuxtlas, la Sierra de Juárez, del Istmo de Tehuantepec, Macizo de Teziutlán y del Burro-Picachos, así como intra

continentales de la, Sierra de Guanajuato, Ventana de El Charape, Gneis Huiznopala y Gneis Novillo.

GET-16 CARTEL

CARTOGRAFÍA DE LOS DIQUES DEL GEOPARQUE MIXTECA ALTA-UNESCO: UNA PERSPECTIVA PARA COMPRENDER LA RELACIÓN ENTRE EL TECTONISMO Y LA ACTIVIDAD MAGMÁTICA EN OAXACA, MÉXICO

Barrientos Zavala Karen Jazmín¹, Chako Tchamabe Boris¹, Villa Mora Vladimir Everardo¹, Silis Esquivel Johanna¹, Lima Velázquez Rosalba¹, Marín Guzmán Ana Pilar¹, López Pizaña Joana Fabiola¹, Fernández De Castro Martínez Gonzalo², Alcalá Reygosa Jesús³ y Palacio Prieto José Luis⁴

¹Facultad de Química, Ingeniería Geológica, Universidad Autónoma del Carmen

²Unidad Académica de Estudios Territoriales de Oaxaca, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

³Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México
120141@mail.unacar.mx

Los diques son cuerpos intrusivos tabulares discordantes que cortan la estratificación o la foliación de las rocas del subsuelo. Son el resultado final de un flujo de magma presurizado que fluye a través de fracturas existentes o que crea una nueva grieta al abrirse paso a través de la roca adyacente, para finalmente solidificarse. Comúnmente, se manifiestan en grupos de múltiples diques individuales con orientaciones paralelas, lineares o radiales, y suelen asociarse a un mismo evento geológico. El Geoparque Mixteca Alta – UNESCO (GMA), localizado en el occidente del estado de Oaxaca, se destaca por poseer una variedad de rasgos geológicos y geomorfológicos. En varias partes del Geoparque y a su alrededor, las primeras evidencias de un magmatismo cenozoico se determinaron con la presencia de cuerpos intrusivos que ocurren como pequeños domos hipabisales de composición andesítica, así como cuellos volcánicos, sills, lacolitos y diques. Se estima que el inicio de esta actividad magmática se relaciona con una migración del magmatismo de la faja volcánica trans-mexicana y el desplazamiento del bloque de Chortis, así como de la formación de la placa del Caribe. Sin embargo, aún se desconoce bien el papel que esta redistribución jugó en la determinación de los patrones magmáticos de la región. Varios estudios evidencian la presencia de diques en el occidente de Oaxaca. La propagación de los diques está generalmente controlada por el campo de esfuerzos regionales o locales que existe al momento de su emplazamiento. Por lo tanto, presentamos en este trabajo un estudio de la distribución cartográfica de los diques dentro y alrededor del geoparque, con la finalidad de determinar si la orientación y forma de estas estructuras magmáticas intrusivas están relacionadas con la evolución tectónica de la región. El resultado preliminar obtenido a partir del análisis de imágenes satelitales y la información recolectada en campo, indica un patrón geométrico gobernante de diques paralelos entre sí. La mayoría presenta dirección de extensión al NNW, similar a la falla Tamazulapan, aunque algunos diques tienen una dirección de extensión al NE. Esta distribución paralela de los diques, indica regímenes de esfuerzos extensivos, posiblemente relacionados con los mismos eventos tectónicos que reactivaron la falla Tamazulapan.

GET-17 CARTEL

LOS ZIRCONES DE LAS IGIMBRITAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL: UNA VENTANA SOBRE EL BASAMENTO DEL OCCIDENTE DE MÉXICO Y LA PRODUCCIÓN DE CALOR RADIOGÉNICO

Castillo Reynoso Juan Carlos, Ferrari Luca, Orozco-Esquivel Teresa y Levresse Gilles
Centro de Geociencias, UNAM
jccr@geociencias.unam.mx

El rasgo principal de la Sierra Madre Occidental (SMO) es su cubierta volcánica silícica que la convierte en la tercera SLIP (Silicic Large Igneous Province) más grande del planeta. Las ignimbritas riolíticas que conforman el volumen principal de la SMO fueron emplazadas en dos episodios principales: Eoceno tardío-Oligoceno temprano y Oligoceno tardío-Mioceno temprano y cubren buena parte de la margen occidental de México. Las ignimbritas silícicas de la SMO comúnmente contienen abundantes cristales de zircón, que además de proporcionar la edad de emplazamiento por medio de los fenocristales, brindan una información importante acerca de los procesos magmáticos y la naturaleza de la corteza subyacente a la cubierta volcánica a través de los antecristales y xenocristales. Los xenocristales proporcionan información acerca de la distribución y naturaleza de la corteza más antigua por debajo de las secuencias ignimbríticas, que se encuentra expuesta parcialmente solo en un número limitado de localidades. Por otro lado, los antecristales son heredados de eventos de cristalización del mismo ciclo magmático y su abundancia puede indicar que la fusión parcial ocurrió en niveles someros de la corteza. Finalmente, en la región de la SMO se observa un flujo de calor anómalo no asociado a magmatismo activo y probablemente asociado, por lo menos en parte, a la producción de calor por decaimiento radioactivo de U, Th y K, que son más abundantes en rocas silícicas. En este contexto, el contenido de estos tres isótopos en los zircones permite identificar eventos espaciales o temporales con mayor contribución en la generación de calor radiogénico. En este trabajo presentamos

un análisis de la distribución de edades U/Pb de zircones de la porción centro-sur de la SMO, el Golfo de California y Baja California basado en la recopilación de ~8000 datos publicados, así como nuevos datos obtenidos por los autores y aún no publicados. Esta base incluye edades que fueron filtradas, visualizadas en sistemas de información geográfica y analizadas por métodos estadísticos. Se presenta la distribución de edades U/Pb en xenocristales y sus posibles implicaciones en el tipo de sustrato por debajo de la SMO. También presentamos un análisis de la distribución y comportamiento de contenidos de uranio en zircones, lo cual tiene implicación en la producción de calor en la corteza superior. Los xenocristales de zircones presentan una amplia variedad de edades, sin embargo, son dominantes las del Cretácico Tardío-Paleoceno correspondiente al llamado arco magmático Laramide, que se encuentran en toda el área de estudio. En menor proporción se encuentran edades Jurásicas y Triásicas que pueden corresponder a las secuencias siliciclásticas subyacente del terreno Guerrero. Finalmente se encuentran edades Paleozoicas, que podrían indicar la presencia de un basamento más antiguo no expuesto o, más probablemente, la presencia de zircones reciclados de los terrenos al este del Guerrero. El contenido de U en los zircones varía desde ~60 ppm hasta ~33000 ppm, siendo los cristales del granito Peñón Blanco los que contienen los valores más altos. Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto PAPIIT IV100117

GET-18 CARTEL

INDICADORES CINEMÁTICOS Y ESTRUCTURAS DEL ÁREA EL CUARENTA VILLA AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Enríquez Núñez María Georgina, González Vázquez Ángel Alexis, Aragón Robles Alondra, Chavira Muñoz Javier Andrés, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Bolívar Mata Roberto Carlos, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Barrera Gómez Elizabeth, Arévalo Ruiz Juan Fernando y Reyes Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a317682@uach.mx

Al noreste de Villa Ahumada, Chihuahua, a 47 km se encuentra el área de estudio dentro de la carta geológica EL CUARENTA H13-A56. La carta describe una serie de estructuras geológicas que representan eventos de deformación frágil, representado por fallas normales, laterales e inversas, y deformación dúctil, representado por pliegues anticlinales y sinclinales. El objetivo del estudio es describir, identificar y clasificar en el área del Rancho el Cuarenta las estructuras geológicas aflorantes, a través primero; del análisis geométrico descriptivo. Segundo a través del análisis cinemático que define la orientación de las fuerzas que dieron origen a las estructuras geológicas dominantes, y finalmente, el análisis dinámico, que permite interpretar los diferentes episodios de deformación de las rocas desde su posición original hasta su posición actual. El procedimiento consiste en hacer un levantamiento detallado de los indicadores cinemáticos que permitan interpretar los últimos desplazamientos que dieron origen a las estructuras actuales. Se hará a través del recorrido de varias secciones a través del área de estudio haciendo las mediciones correspondientes incluyendo además de los indicadores cinemáticos, las estructuras, que ayudarán a reconocer el movimiento y orientación de las fuerzas que originaron las estructuras. Se describirá la geomorfología y se tomarán datos estructurales. Al obtener la información se podrá interpretar las causas de deformación y describir la evolución estructural. El resultado se presenta a manera de plano o mapa que muestre además de la geología y las estructuras geológicas, las orientaciones de los elipsoides de deformación y la orientación de desplazamiento de las fuerzas y las deformaciones producidas.

GET-19 CARTEL

EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ARCO VOLCÁNICO DEL SUPERGRUPO PÁPALO DEL ARQUEANO, EN EL CRATÓN DE NORTEAMÉRICA

Bazán Barrón Sergio y Bazán Perkins Sergio Dale
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
bazanperkins@hotmail.com

Tectónicamente, se define al Supergrupo Pápalo a la extensa provincia vulcano sedimentaria desarrollada por el arco volcánico primitivo calcialcalino con más de 25 km de potencia, que se extiende también hacia la parte suroriental de EUA, hasta Newfoundland y Brunswick, Canadá, incluyendo Centro-América y las Islas Caribeñas. Por tanto, se confirma que este escudo arqueano mexicano fue generado por subducción lateral hacia el oriente, durante la apertura oceánica del Gran Rift de la Faja Estructural Cananeana. La potente secuencia en la Sierra de Guanajuato está afectada por masas anatóxicas de dioritas y tonalitas paleozoicas del subgrupo Tuna Manza y varios diques del batolito granítico Arperos y Comanja de Corona del Eoceno. Para el contacto entre los supergrupos Guanajuato y Pápalo, podemos inferir una edad mínima de 3,600 Ma, para el inicio de las emisiones volcánicas arqueanas en la localidad tipo de la Sierra de Guanajuato. La parte basal del Supergrupo Pápalo, se documenta con varios estudios geoquímicos y petrográficos que inician con rocas basálticas, picritas y komatíticas, con más de 20% de MgO y muy bajos en K₂O, emplazados como diapiros de serpentinitas laramidicas a lo largo de la Sierra Madre Oriental que irrumpen y afloran, desde el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, hasta el Gneis Novillo, Tamaulipas, como yacimientos asbestíferos. Podemos considerar que el planeta Tierra desde su origen está en constante actividad de acreción y con movimientos tectónicos

con extensas discordancias, geosinclinales, eventos de subducción, orogenias, plutonismos y vulcanismos de aperturas oceánicas primigenias en riftings, que imprimen el origen de la vida en nuestro planeta. Esto es, que, con el primigenio Gran Rift, tipo MORB, de la Faja Estructural Cananeana, (FEC) de distribución global, se generaron variadas especies primitivas asexuales de flora y fauna. Estas especies generaron y precipitaron minerales en potentes y extensos arrecifes bioquímicos de sulfuros masivos vulcano sedimentarios que ahora constituyen los enormes yacimientos movilizados de los clásicos Porphyry Copper Deposits, en la parte occidental de México, de distribución global desde el Arqueano al Terciario. Por tanto, el arco del Supergrupo Pápalo komatiítico, se diferencia del Supergrupo Zihuatanejo de tipo MORB por su naturaleza toleítica, que aflora en el área tipo de Motozintla en crestones masivos de rocas ultramáficas y máficas de color verde oscuro a claro y gris, truncado por el sistema de fallas transformes de la megashear Polochic-Motahua. Es masivo, en parte ligeramente foliado, algo denso, serpentizado y con metamorfismo regional en facies de esquistos verdes a la de anfibolita y con zonas de corneas de alto grado metamórfico, debidas al plutonismo paleozoico, mesozoico y del terciario. Se concluye que el arco volcánico del Supergrupo Pápalo, debe su origen al evento de subducción al oriente, precisamente de la corteza en expansión del Supergrupo Zihuatanejo primigenio, que tiene su área tipo al oriente de Motozintla, Chiapas. Aflora y subyace en discordancia erosionada oblicua a los paragneises cuarzo feldespáticos de hornblenda y biotita del Grupo El Trapiche, parte basal del Paleoproterozoico.

GET-20 CARTEL

ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL Y GEOMÓRFICO DE UNA PORCIÓN DEL SUROESTE DEL ESTADO DE CAMPECHE

Robles Ramos Helene Daneth¹, Silis Esquivel Jhoanna² y Sánchez Rico Gisela²

¹Centro de Estudios Superiores Isla del Carmen, CESIC

²Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
danethrhh@gmail.com

El propósito de este trabajo fue elaborar y analizar un Mapa Morfoestructural de una porción del Suroeste del Estado de Campeche, con el objetivo de contribuir a la interpretación de la evolución neotectónica de la región a partir del estudio del relieve. Para la elaboración del mapa, se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante los cuales se trabajaron los datos vectoriales y archivos ráster de cuatro cartas topográficas escala 1:50000 para la generación de mapas temáticos del área (hypsométrico, drenaje, pendientes y morfolineamientos) con los cuales se integró el análisis morfoestructural, así como un mapa del sistema geomórfico kárstico. El análisis morfoestructural y geomórfico kárstico permitieron delimitar el área en siete morfoestructuras que exhiben la estrecha relación entre la dinámica externa representada por la erosión kárstica y la neotectónica de la región. Dentro de las conclusiones más relevantes de este trabajo, se establece que la morfología actual del relieve está sujeta al régimen tectónico ocurrido durante los periodos Oligoceno-Mioceno y Plioceno-Pleistoceno. La estructura señalada en la carta Geológico-Minera E15-6 como "Úvala 5 de febrero" es en realidad un polje, cuya geofoma elongada tiene un área de poco más de 418 km² y pendientes mayores a los 30°. Finalmente, se plantea que los plegamientos que dieron origen a los lomeríos y la Sierra Apazote, son evidencia del régimen tectónico compresivo en el Oligoceno-Mioceno.

Sesión regular

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL

Organizadores:

Laura Elizabeth Peña García
Roberto Maciel Flores
Zayre Ivonne González Acevedo

GGA-1

SECUESTRO PULMONAR EN ESCOLAR CON RIESGO AMBIENTAL POR AZOGUE

Aguilar-Mena María Elena¹ y Ihekwoaba-Godswill Williams²¹Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, I.N.E.R.²Federal University of Technology, Owerri, Imo, Nigeria
draguilar2001@yahoo.com.mx

El mercurio fue utilizado en España para amalgamarlo en las minas y obtener más fácilmente plata y oro, por el procedimiento ideado por Bartolomé de Medina en el SXVI. Traído a la Nueva España para realizar la explotación de las minas, además de costoso, en ocasiones se pedía en el viaje al ser asaltadas las Naos por piratas. En 1777 se iniciaron en América la búsqueda de minas de cinabrio (piedra donde se encuentra el azogue, para utilizarlo en la minería) a través del procedimiento llamado el patio, técnica que perduró hasta el siglo XIX (Gamira Márquez, MC, 2015). El mercurio es un líquido con punto de ebullición y de congelamiento es de (356.730C and -38.830C respectivamente). Reacciona con el oro, la plata y el aluminio formando delgadas capas llamadas amalgamas. Los daños a la salud incluyen malformaciones de los embriones en mujeres embarazadas, alteraciones en el sistema nervioso central, el sistema cardiovascular y renal (W. H. O., 2013). Se presenta el caso de una paciente de 9 años procedente de la zona de Chilapa, Guerrero donde existe una mina de azogue mal clausurada y que durante las épocas de lluvia transporta el mercurio a través del agua que se filtra al Río de Chilapa, dicho río sirve a la comunidad para usar el agua en diferentes actividades. Además el manto frático cercano a la mina surte a un pozo común donde se toma el agua que consume la población. La paciente con neumonía recurrente, desnutrida, llegó al INER para su estudio y atención, sin antecedentes de malformaciones congénitas en los familiares, se le detectó un secuestro pulmonar (Corbett JH, 2004), por Angiotac siendo operada en el Instituto con muy buena evolución. La extracción del mercurio debido a la actividad humana, llega a los ríos, mares y peces realizándose una bioamplificación, ya que las bacterias de los sedimentos lo transforman en metilmercurio. México a pesar de haber firmado el Tratado de Minamata, el mercurio se sigue utilizando desde los termómetros hasta la industria. Bibliografía Gamira Márquez, MC. (2015). Expediciones mineralógicas de fines del SXVIII: la búsqueda de azogue en Nueva España. (UNAM, Ed.) Estudios de historia novohispana (52), 1-17. Corbett JH, H. G. (2004). Pulmonary sequestration. Paediatr Resp Rev (5), 59-68. W. H. O. (2013). El mercurio y la salud. W.H.O. Ginebra: W.H.O.

GGA-2

DISTRIBUCIÓN DE COBRE, PLOMO, CROMO Y ZINC EN SUELOS Y SEDIMENTOS EN LA REGIÓN MINERA DE TAXCO, MÉXICO

Zúñiga Cabezas Andrés Felipe¹, Morales-García Sandra¹ y Sosa-Pedroza Fabiola S.²¹Instituto Politécnico Nacional-Centro Mexicano para la Producción más Limpia, IPN-CMPL²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco
afzunigac@gmail.com

Históricamente diversas zonas del mundo y de México han presentado una amplia explotación minera. Para el municipio de Taxco, Guerrero se tiene registro de actividades mineras desde el siglo XVI, lo que ha propiciado que los desechos metálicos producidos (aun presentes), liberen elementos tóxicos por efecto de las condiciones oxidativas del ambiente, dispersándose por diferentes vías hacia zonas aledañas. Los residuos generados son acumulados en "jales" que, generalmente contienen sulfuros metálicos residuales como: pirita (FeS₂), galena (PbS), esfalerita (ZnS), calcopirita (CuFeS₂) y arsenopirita (FeAsS); fuente de elementos potencialmente tóxicos (EPT) como arsénico (As), plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), entre otros. El objetivo del presente estudio es identificar la distribución espacial de la concentración de EPT presentes en suelo y sedimento en diferentes puntos alrededor de los jales en la zona, como "El Fraile" o "La Concha". Se recolectaron 32 muestras de suelo y sedimento, las cuales se sometieron a digestión ácida con HNO₃ al 60% de acuerdo al método EPA 3015A; se determinó la concentración de Pb, Cr, Cu y Zn por espectroscopia de emisión atómica con generación de plasma por microondas MP-AES-4100 marca Agilent. Se empleó el análisis geoestadístico con la herramienta Kriging, en el software Arc-GIS 10.5. Los resultados de concentración promedio en mg.kg⁻¹ presentaron el siguiente comportamiento ascendente: Cr (61.24), Cu (423.59), Pb (2961.71) y Zn (6755.79), confirmando una fuerte presencia de estos metales, excediendo en algunos puntos los límites máximos establecidos por la NOM -147-SEMARNAT / SSA1-2004 especialmente para Pb, con valores de concentración que alcanzan hasta 27500 mg.kg⁻¹. Respecto al análisis geoestadístico para la determinación del modelo con mejor ajuste a los semivariogramas teóricos de los metales determinados, se evaluó la precisión de los modelos más usados en la bibliografía (Circular, Esférico, Exponencial y Gaussiano), con respecto a su precisión definida por la función de análisis del error de valor predictivo incluida dentro del software. Se determinó el modelo con el mejor ajuste para cada uno de los metales respecto a sus valores de Error Medio de Predicción Estandarizado (MS), encontrándose el modelo Exponencial para el Pb y el Cu y el modelo Gaussiano para Zn y Cr como los modelos de mayor precisión. Los mapas generados con la herramienta de interpolación geoestadística de Kriging, con las concentraciones y modelos encontrados demostraron un comportamiento similar de distribución de los metales, en el cual, al aumentar la distancia a los jales, disminuyen paulatinamente las

concentraciones de metales encontradas, así como que para el Pb, Cu y Zn se presentan altas concentraciones en más del 50% del área evaluada, ejemplificando el riesgo latente a la población presente en la zona. Con lo que se comprueba la utilidad del uso de herramientas geoestadísticas para la determinación de la distribución espacial y la definición de puntos críticos de contaminación por EPT en territorios con un número limitado de puntos de muestreo, para la determinación de medidas de remediación y control de la contaminación.

GGA-3

CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS CEMENTADOS EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES

Gaytán Molina Hiram Jhosafat¹, Hernández Marín Martín¹ y González Cervantes Norma²¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
hiram_gamh10@hotmail.com

En el estado de Aguascalientes, se localiza el Graben de Aguascalientes el cual es un sistema limitado por fallas normales N-S, las cuales franquean al oriente y poniente del valle de Aguascalientes. Este valle ha sido rellenado por sedimentos de las zonas altas y montañosas que lo rodean y si bien existe mucha información geológica sobre el graben de Aguascalientes, éstas se enfocan principalmente en describir las diferentes unidades litológicas, así como la geología regional y estructural. Esta investigación se enfoca principalmente en reconocer los minerales que están actuando como cementantes de los sedimentos en el valle de Aguascalientes, los cuáles se encuentran con grado variado de litificación. Para esto, se recolectaron muestras de rocas y sedimentos en diferentes puntos del valle de Aguascalientes y en los horts del graben, para hacerles un análisis de Difractometría de rayos X en polvo (DRX) y petrografía de láminas delgadas. Los resultados preliminares de la prueba de difracción de rayos X se puede observar que en la zona norte del valle de Aguascalientes abundan los minerales del grupo de los óxidos y de los silicatos, mientras que en la zona sur del mismo abundan minerales como la calcita y el cuarzo. Según la geología del graben de Aguascalientes esto es consistente con las rocas con contenido de hierro (Hematita, Basaltos y Andesitas) y calizas localizadas en Tepezalá y Real de Asientos al norte del valle, así mismo el cementante de sílice es correspondiente con las rocas félsicas localizadas en casi todos los bordes del graben, por lo que se puede asumir que la procedencia de estos cementantes esta correlacionada con las rocas de los pilares del graben.

GGA-4

RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE GEODIVERSIDAD Y AMENAZA EN LA CUENCA DEL RÍO TUA, CASANARE, COLOMBIA

Valentin Ramírez Cristian David, Mora Chaparro Juan Carlos y Gómez Romero José Sebastian

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
cdvalentinr@unal.edu.co

La geodiversidad es un campo de estudio que permite visibilizar los elementos abióticos del paisaje así como resaltar su importancia y las relaciones que se plantean en torno y en función de las diferentes esferas que constituyen el planeta, en esa medida, novedosas técnicas para su caracterización y análisis espacial han surgido en los últimos años, entre ellas destaca la propuesta por Pereira et al (2013), a partir de la cual se integran diferentes componentes con el ánimo de realizar un acercamiento a un índice de distribución espacial. Nuestra propuesta es implementar dicha metodología en la cuenca hidrográfica del Río Tua, cuenca hidrográfica ubicada en el piedemonte llanero del territorio colombiano en el departamento de Casanare, en ella viven cerca de 65000 personas; dicha implementación se realiza con base en los insumos generados por parte de la CAR en el marco de la estrategia de ordenación territorial POMCA, instrumento de ordenación territorial de nivel regional mediante el cual se generan insumos de diferentes características del territorio a escala 1:25000. Adicional al cálculo de dicho índice, la investigación desarrolla un análisis estadístico de correlación entre el índice de geodiversidad y la amenaza por movimientos en masa, con el objetivo de aproximar la geodiversidad como una herramienta más en la gestión y ordenamiento territorial, encontrándonos con diversos problemas en el análisis de estas variables, y planteando posibles soluciones para lograr utilizar la geodiversidad como una herramienta de toma de decisiones en diversos territorios. El índice de geodiversidad presenta una escala entre 2 y 17, donde las áreas más geodiversas se asocian fuertemente con los cauces de la zona de estudio, zonas en las cuales se observa una mayor diversidad geológica y geomorfológica. En cuanto a la correlación estadística entre el índice de geodiversidad y la amenaza por movimientos en masa, se observa una correlación de Pearson negativa con todos los sub-índices analizados, siendo los de mayor correlación (negativa) el índice de diversidad estructural (-0.38) y el índice de diversidad paleontológica (-0.37), seguido por los índices de diversidad geológica (-0.28), y diversidad geomorfológica (-0.21). Se observa dentro del análisis estadístico una preferencia de anisotropía en la dirección 0°, indicando la dirección de mayor variación de cada uno de los índices estudiados.

GGA-5

UNA REVISIÓN DE LA ADSORCIÓN DE METALES PESADOS SOBRE MINERALES ARCILLOSOS CON ESPECIAL ENFOQUE EN ILLITA

Chávez García Raymundo¹, Flores Cano José Valente¹, Padilla Ortega Erika², Velasco Tapia Fernando¹, Ramírez Fernández Juan Alonso¹ y Viera Décida Federico¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí
raymundo.chavezgrc@uanl.edu.mx

La contaminación de sistemas acuosos por cationes metálicos es un problema de gran interés ambiental y salud pública mundial. Debido a su toxicidad, las fuentes de agua que contienen niveles elevados de estos metales pesados tienen que ser tratadas para reducir sus concentraciones por debajo de sus límites permisibles. Por ello la aplicación del fenómeno de la adsorción, debido a su alta eficiencia de eliminación, rentabilidad y disponibilidad de diversos adsorbentes (Leyva Ramos, 2010). La adsorción es la acumulación preferencial de una sustancia en una fase líquida o gaseosa sobre la superficie de un sólido (Leyva Ramos 2010). Por otra parte, las arcillas son conocidas como filosilicatos debido a que su estructura es de tipo laminar. Esta estructura puede estar formada por dos capas: tetraédricas y octaédricas (1:1) y se llaman bilaminares o TO; o bien por tres capas una octaédrica y dos tetraédricas, denominadas trilaminares (2:1) o TOT (Velde 1992). A continuación, se hace una comparativa de los análisis y resultados de algunos autores sobre la capacidad de adsorción de la illita con diferentes metales pesados (Echeverría y cols. (2002) y (2005); Ozdes y cols. (2011); Turan y cols. (2011); Mohapatra y cols (2007)). Echeverría y cols. (2002) y (2005) estudiaron la adsorción de Cd(II) y Pb(II) sobre una illita, la adsorción máxima para el estudio de Cd(II) y Pb(II) sobre illita fue de 50 meq/100g a valores de pH= 7 y 25°C y 49.79 meq/100g a valores de pH= 6 y 25°C respectivamente. El mecanismo principal para la CIC es con iones de Na⁺ en illita con un rango de pH de 3.5 a 4.5 con valores de 15.66 meq/100g y 24.89 meq/100g respectivamente. Ozdes y cols. (2011) también estudiaron la eliminación por adsorción de iones Cd(II) y Pb(II) de soluciones acuosas mediante el uso de una arcilla illítica turca, y encontraron una adsorción máxima de Cd(II) de 20.01 meq/100g y para Pb(II) de 231.56 meq/100g usando 1.0 g/L de arcilla. Por otro lado, Turan y cols. (2011) obtuvo valores de CIC de 24.8 meq/100g, y una adsorción máxima de Cu(II) y Zn(II) de 12.18 meq/100g y 15.00 meq/100g respectivamente. Finalmente, Mohapatra y cols (2007) evaluaron la capacidad de una illita India para adsorber As(V) la cual presentó mayor capacidad de adsorción en un rango de pH de 2.0 a 5.0 dando como resultado una "q" de 3.47 meq/100g a pH de 5.0. Estos resultados indican que el uso de illita disponible localmente y de bajo costo puede ser una buena alternativa a otros adsorbentes más costosos para la eliminación de metales pesados como Cu(II), Zn(II), Cd(II), Pb(II), As(V) entre otros, con una capacidad de adsorción de 20 a 50 meq/100g de illita y como mecanismo principal de adsorción el intercambio catiónico.

GGA-6

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Y SU RELACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN AMBIENTES DE ISLAS DE BARRERA, CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

Estrada Alfonso Braulio Iván, Pérez Morga Nancy, Flores Trujillo Juan Gabriel, Linares Ontiveros Diego Armando y Canedo López Yunuén
Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
braulioestradaalfonso@hotmail.com

Ciudad del Carmen, Campeche, se sitúa en un ambiente sedimentario asociado a islas de barrera, desarrollado dentro de costas inestables vulnerables a fuerzas de la naturaleza y actividad humana; presentan características sedimentológicas e hidrológicas particulares, cuyo estudio y análisis permite inferir relaciones de su granulometría con la escorrentía, infiltración y su relación con aguas subterráneas. Para este estudio se identificó una clasificación textural en un ambiente de playa constituida principalmente por arenas y sedimentos dominados por tamaño grueso compuesto por conchas. Mediante los estudios texturales realizados, no fue posible identificar continuidad lateral entre las capas de los diferentes puntos en el área de estudio. Esto debido a múltiples factores asociados a la inestabilidad de los ambientes de isla de barrera, particularmente en esta zona, pueden ser la presencia de lluvias y tormentas, la interacción de cuerpos de agua adyacentes y el impacto de las actividades humanas. Estos factores afectan directamente a los procesos de transporte y deposición entre horizontes, cambiando las características granulométricas. Mediante un análisis estadístico multivariante se pudieron distinguir seis agrupaciones de características texturales. En donde estos grupos mostraron ambientes que van desde un depósito de playa, dominados por arenas, a un depósito totalmente asimétrico hacia los sedimentos gruesos, compuestos generalmente por conchas, asociados a ambientes depositacionales de mayor energía como tormenta. La escala y puntos de muestreo fueron las principales diferencias con otros modelos estratigráficos analizados. Las características hidrológicas del suelo estuvieron asociadas a suelos hidrológicos tipo A con bajo potencial de escorrentía y alta tasa de infiltración, suelos con servicios ambientales para captar y almacenar agua de lluvia; pero altamente susceptibles de ser contaminados.

GGA-7

CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE EPT EN SEDIMENTOS Y ROCAS DE LA CUENCA DEL RÍO GUANAJUATO

Rueda Garzon Luisa Fernanda¹, Miranda-Avilés Raúl¹, Carrillo-Chavez Alejandro², Puy-Alquiza María Jesús¹, Li Yanmei¹, Kshirsagar Pooja¹ y Zanon Gabriela Ana¹

¹Universidad de Guanajuato, UGTO

²Universidad Nacional Autónoma de México, CEGEO
luisa_fer26@hotmail.com

La cuenca de estudio se localiza al sur de la Mesa del Centro y al norte del Eje Neovolcánico, dentro de la cuenca del río Lerma-Santiago; comprende 490 km² que forman parte de la Sierra de Guanajuato y del Bajío Guanajuatense. Entre las rocas aflorantes se encuentran unidades máfica-ultramáficas, volcánicas, volcanosedimentarias, conglomeráticas y sedimentos no consolidados. En el presente trabajo de investigación se recolectaron y estudiaron muestras de las unidades geológicas que afloran en la zona, se realizaron análisis geoquímicos para determinar la composición de éstas y su relación con las concentraciones de metales y metaloides en los sedimentos de arroyo de la cuenca; con el fin de entender la influencia de la geología en el enriquecimiento de estos elementos en el área de trabajo. También reportamos resultados preliminares de ensayos de lixiviación secuencial de las diferentes unidades de roca que afloran en la cuenca, con diferentes pH y periodos de lixiviación. La relación de elementos mayores en los sedimentos de la cuenca de estudio, permiten distinguir tres grupos de muestras, dependiendo de las unidades geológicas de procedencia, los sedimentos de la zona occidental de la cuenca se derivan de rocas ígneas máficas e intermedias (Rocas del Complejo basal de la Sierra de Guanajuato), los sedimentos del sector central presentan una influencia de rocas ígneas intermedias y félsicas (Complejo basal de la Sierra de Guanajuato y Conglomerado Guanajuato), y los sedimentos de la zona oriental provienen de la meteorización de rocas ígneas félsicas (Grupo volcánico-sedimentario del Oligoceno). Es decir que las altas concentraciones de Cr, Co, Ni y As en los sedimentos de la cuenca se relaciona con la erosión y lixiviación de las rocas y mineralizaciones del área; por otra parte, el enriquecimiento de Zn, Pb y Cu se asocia al aporte geogénico y antropogénico

GGA-8 CARTEL

GEOTURISMO EN JALISCO, MEXICO

Maciel-Flores Roberto¹, Peña García Laura Elizabeth¹, Rosas-Elguera José¹, Maciel Tejada Christian Alexander¹, Zamudio Angeles David² y Palacio Prieto José Luis²

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²UNAM
romacielf@gmail.com

Dentro de la República Mexicana, Jalisco presenta una gran geo-diversidad, iniciando por su ubicación dentro de cuatro provincias fisiográficas; Sierra Madre Occidental, Faja Volcánica Mexicana, Meseta Central y Sierra Madre del Sur, cada una de ellas con rasgos litológicos, tectónicos y cronológicos específicos, donde podemos encontrar riquezas paleontológicas, que nos hablan de los cambios climáticos, geodinámicas y hábitats que han ocurrido a lo largo de la historia geológica del estado. Es necesario promover, valorar y divulgar las características geológicas de nuestra región, no solo desde el punto de vista económico o localización de recursos naturales, como minería y geotermia o agua subterránea, sino también desde la perspectiva académica y patrimonio cultural. Los geoparques nacionales e internacionales (Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minería, Hidalgo, el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta Oaxaca, el geoparque de Italia y algunos de Islandia), son ejemplos, de lo atractivo para la comunidad nacional e internacional el geo-turismo y evidentemente del beneficio resultante para los habitantes del lugar, por la derrama económica generada, la difusión de sus culturas, el fomento al desarrollo de artesanías y aspectos gastronómicos, entre otros tópicos, para la gente que gusta de la geo-aventura. En reciente conferencia virtual sobre geoparques, se hizo una comparativa sobre los ingresos económicos recibidos a Áreas Naturales Protegidas y Geo parques y estos últimos han recibido un mayor aporte en beneficio de los habitantes del lugar. En el libro promovido por CONABIO- SEMADET, sobre "La biodiversidad en Jalisco": Estudio de Estado, se ha publicado un capítulo sobre Patrimonio geológico y geodiversidad, donde se señalan algunos geositos como son; Volcanes de; Colima, Tequila, Mascota, Apaxtepec y La Primavera Unión Triple (Grabens de; Chapala, Colima y Tepic-Chapala) y fallas activas. Geotermia, 400 localidades con posibilidades de SPA y balnearios Costas con playas arenosas y con rocas Cascadas de San Sebastián, el Caballo, El Salto Presas, lagunas y paleolagos de; La Primavera, Río Santiago, Tomatlán, La Vega, Zapotlán, Juanacatlán, Chalacatepec, Villa Corona, Chapala, San Marcos, Sayula, La María, Cajón de Peña, Salto del Nogal, Etc. Aguas minerales de Mixtlán Paisajes la Bufa en San Sebastián, Mascota, Mazamita, Agavero. Zonas fosilíferas de Río Santiago, Chapala, San Marcos, Cocola, Sayula Museos y zonas arqueológicas; Guachimontones, iglesias y haciendas. Formaciones rocosas; Piedras Bola, Las Piedrotas, El Diente, Pómez gigante, Pómez negra Islas, más de 16 como atractivos para acampar. Localidades con riesgos geológicos. Se recorre Jalisco para ubicar nuevos geositos. Conocer y promover; la cultura gastronómica, artesanías, lugares arqueológicos, museos y paisajes.

Sesión regular

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO

Organizadores:

Alejandro Rodríguez
Miguel Ángel Cervantes Solano

GEOPAL-1

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO REALIZADO EN UNIDADES ÍGNEAS ASOCIADAS AL RIFT TEPIC-ZACOALCO: POSIBLE EVIDENCIA DE UNA EXCURSIÓN GEOMAGNÉTICA OCURRIDA DENTRO DEL CRON DE GILBERT

Cervantes Solano Miguel Angel¹, Días Ortega Ulises¹, Gogichaishvili Avto², Rosas-Elguera José³, Cejudo Ruiz Fredy Rubén⁴, García Ruiz Rafael⁵ y Morales Contreras Juan Julio²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

²Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, México

miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

En el presente trabajo se presentan los resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado en las unidades ígneas de las formaciones volcánicas asociadas al Rift Tepic-Zacoalco. Se recolectaron muestras de rocas provenientes de 22 sitios distribuidos sobre la extensión del Rift con edades radiométricas entre 3 y 5 Ma. Los experimentos de magnetismo de rocas muestran que, en la mayoría de los casos, el mineral portador de la remanencia magnética es titanomagnetita con contenido variable de titanio. Después de realizar tratamientos magnéticos fue posible determinar las direcciones paleomagnéticas en 17 de los sitios de las cuales 4 son de polaridad normal, 8 de polaridad invertida bien definida y 5 sitios tiene con polaridades intermedias (ángulo de corte 45°). La dirección promedio es Dec. = 347.6°, Inc = 29.4°, N = 12, #95 = 9.5°, con un polo geomagnético virtual P_{Lat} = 77.2°N, P_{Long} = 144.3°E, A₉₅ = 8.8°, N = 12. Al comparar esta posición del polo con la posición esperada según los modelos sintéticos disponibles y con los polos obtenidos en trabajos anteriores para la misma región y edad, este se ajusta relativamente bien y, dentro de su incertidumbre, resulta indistinguible con algunos de ellos lo que descarta algún movimiento tectónico significativo desde su emplazamiento. De acuerdo con las edades radiométricas disponibles, también fue posible establecer una correlación con la escala de polaridades geomagnéticas para los últimos 5Ma encontrándose que las paleodirecciones alrededor de los 3.86 Ma corresponden probablemente a una excursión Geomagnética post-Cochiti dentro del Cron de Gilbert.

GEOPAL-2

EVOLUCIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO EN LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA Y ZONAS CIRCUNDANTES PARA EL ÚLTIMO MILLÓN DE AÑOS

García Ruiz Rafael¹, Cervantes Solano Miguel Angel², Gogichaishvili Avto³, Morales Contreras Juan Julio³ y Rosas-Elguera José⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²ENES Morelia, UNAM

³Instituto de Geofísica Unidad Morelia

⁴Universidad de Guadalajara

asrael.rafael@gmail.com

Los estudios paleomagnéticos de las últimas dos décadas en México permiten tener una gran cantidad de información direccional con edades radiométricas obtenidas mediante los protocolos de campos alternos y desmagnetización térmica para el último millón de años. Mediante dicha información es posible obtener 149 direcciones paleomagnéticas bien definidas, a las cuales se les incorporan once nuevas paleodirecciones del área de Tacambaro-Puruaran dentro del complejo volcánico de Michoacán- Guanajuato para poder realizar un análisis cuasi-continuo de la evolución del Campo Magnético de la Tierra. Mediante una selección de los mejores candidatos paleodireccionales se obtuvo su dirección media global sin utilizar las direcciones transicionales, dicha paleodirección junto con su incertidumbre corresponde a la media regional esperada para el polo esperado del Plio-Quaternario. Posteriormente se obtuvo la tasa de variación paleosecular mediante la dispersión del polo virtual geomagnético que junto con la anomalía de la inclinación concuerdan con modelos recientes latitudinales. La característica más importante de la fluctuación del campo geomagnético es la evidencia de eventos detectados de corta duración o excursiones para los cronos de Brunhes y Matuyama.

GEOPAL-3

GENERACIÓN DE LAS CARTAS DE DECLINACIÓN MAGNÉTICA PARA MÉXICO (1907-2010)

Paredes Arriaga Alejandro, Caccavari Garza Ana, Hernández Garza Esteban y Cifuentes-Nava Gerardo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
apa@ciencias.unam.mx

Se presentan la generación de las cartas magnéticas de declinación correspondientes a cinco épocas diferentes, las cuales son resultado de la recuperación y análisis estadísticos de los datos y registros magnéticos históricos. Estas cartas son elaboradas a partir de la constante reocupación de estaciones magnéticas de repetición distribuidas por todo el país, con el fin de observar la morfología del campo geomagnético y sus variaciones regionales y temporales. Se busca estandarizar un método numérico para el tratamiento de los datos tomados

en campo y para la elaboración de las cartas magnéticas de México; así como hacer una comparación entre las cartas de este trabajo y las generadas anteriormente. Finalmente, este trabajo busca el método numérico de interpolación que otorgue el mínimo error y aprovecharlo para actualizar, mejorar la calidad y conservar la información geomagnética-histórica existente, considerando el invaluable registro de mediciones magnéticas históricas que existen en nuestro país.

GEOPAL-4

RESULTADOS PRELIMINARES DE ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA EN LA SECCIÓN DE IMPACTITAS DEL ANILLO DE PICOS DEL CRÁTER CHICXULUB, EXP-364

Velasco Villarreal Miriam y Urrutia Fucugauchi Jaime
Instituto de Geofísica, UNAM
fatima_miriam@hotmail.com

El cráter Chicxulub fue producido por el impacto en la plataforma carbonatada de Yucatán hace 66 Ma. El cráter con un diámetro de 200 km se caracteriza por una morfología multianillo y un anillo de picos bien preservado. En el proyecto de perforación marina del Programa de Descubrimiento de los Océanos (IODP) y el Programa Internacional de Perforación Continental (ICDP) se perforó un pozo sobre el anillo de picos; se recuperaron núcleos desde una profundidad de 505.7m a 1347m debajo del piso marino para investigar el origen y profundidad de las rocas del anillo de picos y determinar cómo fueron deformadas durante la formación del cráter. El pozo fue perforado en el sitio M0077 (21.45°N, 89.95°W) al norte de la línea de costa. Las impactitas del anillo de picos consisten de brecha (suevita) y roca fundida. La secuencia fue encontrada a 617.33m bajo el piso marino (bpm) y forman una unidad de aproximadamente 130m de grosor sobre granito y rocas del basamento dentro del anillo. Hay diques y horizontes roca fundida <1m de grosor registrados dentro del granito. También, se encontraron aproximadamente 4m de brecha de impacto a 1000m bpm y casi 58m de esta brecha se perforó en los ~100m más inferiores del núcleo. En este trabajo se analiza la fábrica magnética de la sección de impactitas por medio de anisotropía de susceptibilidad magnética. Los resultados iniciales muestran un rango muy amplio de valores de susceptibilidad magnética K. Esta variación divide la sección de las impactitas en dos partes: una unidad inferior (~706m - ~747m) con susceptibilidades K de >10000 a 45000 x 10⁻⁶SI. El grado de anisotropía corregida P_j presenta valores #1.05, similares con valores de rocas ígneas y sedimentarias y un comportamiento menos variable. En la unidad superior (621.47m - 702.5m), el grado de anisotropía P_j exhibe valores >1.05 correspondientes a rocas metamórficas y la K presenta valores bajos desde 71 a <5000 x 10⁻⁶ SI. El parámetro de forma T muestra un ligero predominio de elipsoides prolados a lo largo de la sección de impactitas, principalmente en la subunidad inferior. Las gráficas de inclinación magnética de los ejes de susceptibilidad principal k1 y k3 con la profundidad sugieren varias subunidades. La subunidad inferior, presenta una fábrica magnética, donde el eje principal k1 se concentra alrededor del centro de la proyección y valores más prolados, mientras el eje k3 se distribuye alrededor del plano de proyección. La subunidad superior presenta una fábrica oblada. La parte intermedia presenta un comportamiento complejo de los ejes de susceptibilidad principal. Estos arreglos de fábrica sugieren diferentes condiciones en el emplazamiento, composición y propiedades petrofísicas.

GEOPAL-5 CARTEL

EVALUACIÓN DE MODELOS DEL CAMPO GEOMAGNÉTICO EN LA REPÚBLICA MEXICANA EN EL S.XX

Francisco Maldonado Verónica¹, Tututi Guillén Eduardo², Caccavari Garza Ana², Hernández-Quintero Esteban² y Cifuentes-Nava Gerardo²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

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

Se presenta un análisis del comportamiento de la declinación, inclinación e intensidad total del campo magnético terrestre, registrado en la República Mexicana a lo largo del siglo XX y principios del siglo XXI. Se utilizan los datos de 23 estaciones magnéticas de repetición, distribuidas a lo largo de toda la República, de tal manera que la distribución sea lo más uniforme posible y cuente con la mayor cantidad de datos a analizar, y del Observatorio Magnético de Teoloyucan, en el Estado de México. Se analiza la correlación que existe entre estos registros históricos y los datos obtenidos de 3 modelos matemáticos: el International Geomagnetic Reference Field (IGRF-13), el Canadian Geomagnetic Reference Field (CGRF) y el Australian Geomagnetic Reference Field (AGRF). Todos son globales, por lo que generan datos del territorio mexicano durante el período estudiado. Por lo observado en este trabajo, se aprecia que existen zonas de la República Mexicana donde los modelos presentan mejor correlación unos con otros, así como con los datos de campo, y otras donde la correlación no es tan significativa. Se observa también que estos resultados cambian de componente a componente. Esto puede deberse a la cantidad de datos que utiliza cada modelo en la zona, errores en los valores registrados en campo, diferentes tasas de variación regional, entre otras. Comparar distintos modelos permite identificar el modelo más viable para utilizar en las diferentes regiones del país.

GEOPAL-6 CARTEL

PALEOMAGNETISMO DE LA CARMICHAEL SILICIC ASH FLOW TUFF VOLCANIC SUCCESSION DEL CRETÁCICO-PALEOCENO DEL BLOQUE JALISCO

Cervantes Solano Miguel Ángel¹, Rosas-Elguera José², De la Cruz Martínez Ángel¹, Gogitchaichvili Avto¹ y Morales Contreras Juan Julio¹

¹Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, ENES and IGUM-UNAM, Morelia, México

²Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara
miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

Los trabajos paleomagnéticos en la Bloque Jalisco (BJ) son escasos y centrados en los campos volcánicos cuaternarios de Mascota y Talpa. Los resultados no detectan rotaciones lo que indica una relativa estabilidad del BJ en tiempos recientes (Maillol et al., 1997; García-Ruiz et al., 2017). Por el contrario, resultados a lo largo de la costa occidental de México (Terreno Guerrero) indican rotaciones tectónicas localizadas, pero sin desplazamientos latitudinales significativos (Böhnel et al., 1989). Las rocas del BJ son intrusivas, volcano-sedimentarias, sedimentarias y volcánicas. Estas últimas cubren una gran superficie del BJ. Valencia et al. (2013) definieron la Carmichael silicic ash flow tuff volcanic succession como una sucesión compuesta por dos unidades. La unidad inferior son brechas volcánicas, lavas, tobas líticas de composición andesítica, pero eventualmente pueden aparecer tobas riolíticas; la unidad superior compuesta por tobas cristalinas y tobas soldadas de composición riolítica. El rango de edad está entre 83 Ma y 58 Ma. Gogitchaichvili et al. (2003) estudiaron paleomagnéticamente los flujos de lavas andesíticas de la Carmichael silicic ash flow tuff volcanic succession con edades radiométricas (# 67 Ma) que evidenciaron una rotación tectónica de 20° en sentido antihorario para esta región. Cervantes-Solano et al., (2017) con nuevos datos paleomagnéticos provenientes de lavas andesíticas cretácicas reportan una rotación tectónica vertical antihoraria de entre 10° y 14° para el bloque Jalisco. Ahora reportamos los resultados paleomagnéticos de la unidad riolítica de la Carmichael silicic ash flow tuff volcanic succession. Nuestros resultados encajan bien con la escala de polaridades geomagnéticas de referencia. La secuencia comienza con una polaridad invertida que puede asociarse con el cron C33R de. En la mayoría de los sitios estudiados las polaridades son normales por lo que corresponderían a los cronos C33N y C32N según su edad radiométrica. Reportamos dos registros del final de la transición geomagnética N-R del Cron 31N al C30R. Finalmente se encontró un registro de polaridad inversa bien definida la cual, de acuerdo con la edad reportada para este sitio, corresponde al cron de polaridad C29R. Los sitios con polaridad invertida fueron considerados antipodales y fueron incluidos para el cálculo del polo geomagnético virtual (VGP), resultando una posición de VGPLat = 75.2°N, VGPLong = 186.6°E, A95 = 11.7°, N = 11. Estos resultados se ajustan a las curvas de deriva polar aparente para América del Norte (APWP) de Besse y Courtillot (2002) y Torsvik et al. (20012) se observa que este se concuerda relativamente bien con lo esperado por lo que no se evidencian rotaciones para la unidad riolítica de la Carmichael silicic ash flow tuff volcanic succession. Böhnel H., et al., 1989. In: Hillhouse J.W. (Ed.), Deep Structure and Past Kinematics of Accreted Terranes. American Geophysical Union, Washington, D.C., 73-92. Cervantes-Solano, M. et al., 2017. Stud. Geophys. Geod., 61. Gogitchaichvili A. et al., 2003. Int. Geol. Rev., 45, 886-897. Maillol J.M., et al., 1997. Geofis. Int., 36. Valencia V., et al., 2013. Contrib. Mineral. Petrol., 166, 801#824.

GEOPAL-7 CARTEL

PALEOMAGNETISMO EN LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO DEL CRÁTER CELAYA, CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, SONORA, MÉXICO

González Rangel José Antonio¹, Alva Valdivia Luis Manuel¹, Vidal Solano Jesús Roberto², Perrin Mireille³, Paz Moreno Francisco Abraham⁴ y Rodríguez Trejo Alejandro⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora

³Aix Marseille Univ. CNRS. IRD INRA Coll. France. CEREGE, Aix-en-Provence, France

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
antonio@geofisica.unam.mx

El Cráter Celaya es un centro hidrovulcánico (maar) localizado en la porción más oriental de la cadena de cráteres del Campo Volcánico El Pinacate (CVP), NW de Sonora. Formado por la mezcla explosiva que se originó del contacto de magma ascendente con cuerpos o corrientes de agua subterránea. Este es el resultado de varios episodios freatomagmáticos sucedidos durante el Cuaternario tardío. Se considera que el cráter representa el colapso y hundimiento de uno o dos centros de actividad explosiva, tiene un diámetro aproximado de 1000 m, una profundidad de 80 m. Pertenece al período de volcanismo joven basáltico-hawaítico del CVP. Se muestran estimaciones cuantitativas del rango de temperaturas de emplazamiento en estas facies basadas en la magnetización termoremanente adquirida por rocas volcánicas. Los experimentos se efectuaron en 31 núcleos orientados, colectados de bloques de roca embebidos en la toba expuesta en el anillo superior. Los resultados de las curvas de susceptibilidad magnética vs. baja y alta temperatura, 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. El tratamiento térmico se utilizó para desmagnetizar las muestras en intervalos de temperatura cortos (cada 20°C). Los resultados muestran dos temperaturas de emplazamiento para estas unidades, una de baja temperatura (340°C - 380°C, y otra de alta temperatura 520°C - 580°C. Se analizarán estas direcciones (baja y alta temperatura), esto nos dará una idea más confiable desde el punto de vista paleomagnético y vulcanológico.

Sesión regular

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA

Organizadores:
Dante Morán
Ramón Mendoza

GEOQP-1

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE EQUILIBRIO QUÍMICO FLUIDO-ROCA DEL YACIMIENTO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES (BCS) A PARTIR DE LA GEOTERMOMETRÍA DE SOLUTOS Y DE SiO₂

Valencia Cabrera Diana¹, Gómez Arias Efraín¹, Tello Hinojosa Enrique², Inguaggiato Claudio¹, Delgado Argote Luis¹ y Barón Sevilla Benjamin¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²Geocómsul S.A.D.E.C.V.
dvalencia@cicese.edu.mx

En los sistemas geotérmicos la composición química de fluidos y formación de minerales secundarios depende de los procesos de interacción entre el fluido-roca, además de que esta interacción deduce el estado de equilibrio en el yacimiento geotérmico. Para determinar temperaturas aproximadas dentro del yacimiento geotérmico se implementan geotermómetros, los cuales son un método geoquímico basado en ecuaciones analíticas a partir de la composición química de fluidos y el estado de equilibrio termodinámico-químico que prevalece en el yacimiento (interacción fluido-roca). Cuando existen variaciones en las condiciones de equilibrio se afecta la estimación de temperaturas con el uso de geotermómetros. Actualmente, los geotermómetros mayormente aplicados son Na/K y SiO₂ (sílice). Estos fueron desarrollados con base en condiciones de un campo específico hace más de 30 años, por ello la estimación de temperaturas de un yacimiento geotérmico arroja diferentes temperaturas al utilizar una variedad diferente de ecuaciones geotermométricas, especialmente cuando éstos se aplican en un mismo sitio. Por esta razón el cálculo de temperaturas se debe realizar con un geotermómetro desarrollado con base en las condiciones y relaciones de equilibrio termodinámico de los constituyentes minerales propios del campo de interés. En el presente trabajo se realizó la evaluación y desarrollo de los geotermómetros de Na-K y SiO₂ a partir de la geoquímica de los fluidos de los pozos del campo geotérmico Las Tres Vírgenes (CGLTV) y del análisis termodinámico del estado de equilibrio fluido-roca. Al determinar el estado de equilibrio termodinámico actual del yacimiento fue posible conocer el equilibrio químico entre los principales constituyentes iónicos (Na, K, Ca y SiO₂) disueltos en el agua geotérmica y desarrollar la ecuación geotermométrica (Na-K) y de SiO₂ para mejorar la predicción o estimación de las temperaturas del yacimiento.

GEOQP-2

PETROLOGÍA, ANÁLISIS ESTRUCTURAL, GEOQUÍMICA (MAYORES, TRAZAS E ISOTOPOS) Y GEOCRONOLOGÍA DE LAS ROCAS ÍGNEO-METAMÓRFICAS PROTEROZOICAS EN LA REGIÓN E TUAPE, SONORA

Hernández Cazares Juan Manuel¹, Espinoza Maldonado Inocente Guadalupe¹ y Rodríguez Castañeda José Luis²

¹Universidad de Sonora

²Estación Regional Noroeste-Universidad Nacional Autónoma de México
a207207206@unison.mx

La Porción norte del estado de Sonora forma parte del margen Suroeste de Laurencia y los afloramientos de rocas Proterozoicas más marginales relacionados con el basamento Proterozoico se encuentran en el área de Tuape, Sonora Central, donde se destaca la ocurrencia de rocas ígneas intrusivas con edades entre 1,400 Ma y 1,100 Ma que son afectadas por dos familias de diques máficos. La mayoría de la historia geológica en Sonora durante el Precámbrico proviene de la región de Caborca y Cananea. Por otro lado, los trabajos enfocados en reconstrucciones paleogeográficas referentes a la configuración de Laurencia en el Proterozoico y el ensamblaje de Rodinia hace 1,100 Ma aún son escasos en la literatura, debido a que muchos de los modelos propuestos para el NW de México siguen siendo debatidos. En este respecto, las rocas de la región de Tuape se han correlacionado mediante geocronología y petrografía con rocas similares en la región de Caborca y el SW de estados Unidos, en especial el granito Aibo y rocas similares en Texas, California y Nevada que comparten la misma edad Grenvilleana. No obstante, se han reconocido un mayor número de intrusiones correlacionables al granito Aibo, mientras que la ocurrencia de diques máficos exclusivos de intrusivos antiguos se han abordado de forma secundaria y limitada en el estado, sin diferenciarse de rocas similares más jóvenes. Aunque se considera que la geocronología y petrografía es suficiente para justificar la correlación, solo recientemente se han considerado la geoquímica de trazas y firmas isotópicas para corroborar un mismo origen genético para los intrusivos, teniendo implicaciones tectónicas interesantes. Este es avance de una investigación de tesis de maestría; la cual está enfocada hacia la generación e interpretación de datos estructurales, análisis petrográficos y especialmente análisis de elementos mayores y trazas, relaciones isotópicas y geocronología para las rocas Proterozoicas en la región de Tuape para ser utilizados como indicadores de ambientes tectónicos (rifting continental, actividad magmática relacionada a plumas mantélicas, orogénesis y márgenes continentales activos) y contrastarlos con rocas de características similares en el margen SW de Laurencia. Actualmente no existen datos geoquímicos sobre estas rocas, además se incluirá el análisis geoquímico de los cuerpos máficos junto a los intrusivos graníticos para identificar el ambiente tectónico y diferenciarlo de todos los posibles escenarios que existieron en el margen SW de Laurencia durante el Mesoproterozoico.

GEOQP-3

GEOQUIMIOMETRÍA: PETROLOGÍA EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO CENTRAL

Aguirre Espinosa José, Velasco Tapia Fernando y Salinas Jasso Jorge Alán
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
jose.aguirrees@uanl.edu.mx

La Geoquimiometría es una rama de la Geoquímica que se ha sistematizado recientemente. Su propósito es el utilizar herramientas estadísticas, matemáticas y de computación, junto con los principios de la química, para explicar los procesos asociados a las entidades que conforman a la Tierra (el manto, la corteza, los océanos y la atmósfera). La aplicación de estas herramientas cuantitativas representa un avance en el objetivo de profundizar en la comprensión de sistemas geológicos complejos. El origen y evolución del Cinturón Volcánico Mexicano Central (Mioceno al Reciente) es uno de los temas clásicos de la geología mexicana. La mayor parte de los modelos petrológicos (fuente, procesos de generación, procesos de evolución y ambiente tectónico) propuestos se han sustentado en el análisis convencional de información geoquímica, considerando el marco geológico-geofísico. El uso de técnicas matemáticas y estadísticas ha sido relativamente limitado para la interpretación de la composición geoquímica e isotópica. En este trabajo se presentan algunos ejemplos de la aplicación de técnicas geoquimiométricas con el propósito de profundizar en los modelos de origen y evolución magmática en el Cinturón Volcánico Mexicano Central.

GEOQP-4

MINERALIZACIÓN E INCLUSIONES FLUIDAS ASOCIADAS AL SKARN DE LA SIERRA LA ESPERANZA, VILLA AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

González Vázquez Ángel Alexis, Enríquez Núñez María Georgina, Aragón Robles Alondra, Bolívar Mata Roberto Carlos, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Chavira Muñoz Javier Andrés, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Barrera Gómez Elizabeth, Arévalo Ruiz Juan Fernando y Reyes Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
a305573@uach.mx

En la carta geológica EL CUARENTA H13-A56 afloran varios cuerpos intrusivos, como a 47 km al noreste de Villa Ahumada, Chihuahua. Los intrusivos afectaron diversas secuencias sedimentarias de la región, provocando halos metamórficos que dio como resultado la formación de franjas significativas de hornfels y skarn, sobre el flanco sureste de la Sierra La Esperanza. El objetivo del proyecto es caracterizar la mineralización del depósito de tipo skarn a través de la homogenización de las inclusiones fluidas asociadas al sistema hidrotermal que las generó en esta unidad metamórfica. Como método de análisis elemental se optará por un estudio en microsonda electrónica para determinar las propiedades químicas cualitativas y cuantitativas a escala micrométrica. Para el análisis de las inclusiones fluidas se realizarán estudios petrográficos y de microtermometría con el fin de determinar las características de las mismas. Se definirán las áreas a muestrear, identificando las muestras de minerales susceptibles de identificar inclusiones fluidas como calcita, esfalerita, etc. Asociadas a los depósitos de tipo skarn. Una vez identificadas se harán las mediciones de microtermometría de homogenización para interpretar las condiciones de los fluidos hidrotermales. Una vez se tengan los resultados de los análisis de la microsonda y de la microtermometría se obtendrá la información descriptiva para la interpretación del fluido hidrotermal y así poder describir la evolución del campo geotérmico y comprender los procesos de mineralización del depósito hasta la formación y clasificarlo del tipo de yacimiento. El resultado se presenta como un modelo geológico conceptual de la formación del yacimiento mineral y sus implicaciones de composición y distribución espacial.

GEOQP-5

LOWER CRUSTAL ORIGIN OF THE OLIGOCENE RHYOLITIC IGNI MBRITES IN THE MESA CENTRAL OF MEXICO: GEOCHEMICAL, PETROLOGICAL AND GEOCRONOLOGICAL EVIDENCE FROM THE GUANAMÉ IGNI MBRITE

Sieck Pascal¹, López-Doncel Ruben¹, Dávila Harris Pablo², Aguillón Robles Alfredo¹, Cruz-Castillo Jorge Uriel³ y Wemmer Klaus⁴

¹Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)

³Área Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

⁴Geosciences Centre, Georg-August-Universität Göttingen

pascal.sieck@gmail.com

Oligocene explosive volcanism is widespread in the central and eastern portion of the Mesa Central (MC), nevertheless, the origin of the rhyolitic magmas, which created the explosive volcanism is still under debate. The Guanamé Ignimbrite is located in the northern portion of the Salinas-Villa de Ramos volcanic field (SVRVF) and a typical rhyolitic and porphyric Oligocene Ignimbrite in the central and eastern portion of the MC. Geochronological studies imply crystallization ages between 30.61 ± 0.73 Ma and 30.73 ± 0.39 Ma (U-Pb zircon single grain) and an eruption

at 30.12 ± 0.45 Ma (K-Ar whole rock). Major and trace element geochemistry in combination with mineral chemistry show that the rhyolitic magmas generated in an intra-plate and extensional setting from a process of partial melting of the lower crust. Chondrite-normalized rare earth element patterns and primitive mantle normalized multi-element patterns show enrichment in light rare earth elements (LREE) and high field strength elements (HFSE). In addition, the results indicate that during the ascent and storage in a shallow magma chamber fractional crystallization of mainly plagioclase and oxides was the major process taking place in the evolution of the rhyolitic magmas. Rhyolite-MELTS models on well-studied crustal xenoliths from the lower crust of the MC reveal that these rhyolitic magmas were generated by partial melting of the lower crust. The models result in a similar mineral assemblage as the samples of the rhyolitic ignimbrite. The mineral composition and crystallization temperatures of feldspars analyzed in this study show similar results to the models confirming the lower crustal origin.

GEOQP-6

GEOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS MAGMAS SUBALCALINOS Y TRANSICIONALES DEL ÁREA COMPOSTELA, NAYARIT, MÉXICO

Ruiz Mendoza Vivian¹, Kumar Verma Sanjeet¹ y Torres Hernández José Ramón²¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT²Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP
vivian.ruiz@ipicyt.edu.mx

El área Compostela (123Km²) se localiza al sur de la Ciudad de Tepic, Nayarit, México, en el sector Occidental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. La subducción de la placa de Rivera bajo la placa Norte Americana, ha generado la individualización del denominado "Bloque Jalisco" y el desarrollo de estructuras de "rift continentales" en sus bordes oriental y noroccidental. El de la parte noroccidental, denominado Rift Tepic-Zacoalco, durante su evolución, ha tenido diferentes pulsos de actividad volcánica, asociada a la dinámica del fallamiento. Los productos de este vulcanismo presentan diferentes firmas magmáticas a lo largo de esta estructura tectónica. La geología del área Compostela está representada por riolitas que se dividen en dos secuencias: Toba lítica y toba bandeada, seguido por una unidad de andesitas que se encuentran en la periferia, una unidad de basalto-andesita que al parecer son producto de un dique alimentador que corta a las secuencias de riolitas al centro del área de estudio, y finalizando con depósitos de piroclastos provenientes posiblemente del Volcán Tepetitlic, y depósitos de pómez probablemente del complejo volcánico San Pedro-Cerro Grande. Estos dos centros volcánicos se encuentran al límite Este y Suroeste del área Compostela y pertenecen al graben San Pedro-Ceboruco. El objetivo de esta investigación es la caracterización geoquímica de las unidades de basalto-andesita y andesita. Petrográficamente, ambas unidades presentan una textura porfídica, y el arreglo mineral está conformado por fenocristales de (Plagioclasas±Piroxenos) en una matriz de (Plagioclasas ±Piroxenos±Minerales Opaos±Vesículas). Para la identificación de los piroxenos se usó la composición normativa CIPW y el diagrama de Morimoto (1988) donde Clino-ferrosilita es el piroxeno presente en ambas unidades. La química de elementos mayores muestra que la unidad de basalto-andesita se encuentra en los límites entre las series alcalina-subalcalina que la define como transicional con valores de SiO₂ (52.72-54.06 wt%), Na₂O+K₂O (4.96-6.03 wt%), TiO₂ (0.90-1.59 wt%), y K₂O (1.86-2.91 wt%). Mientras que la unidad de andesitas en la serie subalcalina con valores de (55.11-62.71 wt%), Na₂O+K₂O (4.07-6.34 wt%), TiO₂ (0.53-0.79 wt%), y K₂O (1.24-3.34 wt%). En la normalización Condrita de la unidad de basalto-andesita (transicional) se muestran un ligero enriquecimiento en LREE relativo a HREE y no bien definida la anomalía Eu y en la normalización del Manto Primitivo muestran un pronunciado enriquecimiento en LILE y una reducción en HFSE con anomalía de Nb y Ti. En la normalización Condrita para andesitas (subalcalina) muestran un fraccionamiento en REE y anomalía Eu y normalización de Manto Primitivo un enriquecimiento en LILE y anomalía negativa Nb y Ti. En el diagrama de Discriminación tectonomagmática usando los radios de elementos traza inmóviles la unidad de basalto-andesita se agrupa en un ambiente rift continental mientras que para las andesitas en un ambiente de arco continental.

GEOQP-7

ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DETRÍTICA Y TERMOCRONOLOGÍA DE LA FORMACIÓN CHIVILLAS DEL CRETÁCICO INFERIOR EN EL SUR DE MÉXICO

Milián de la Cruz Ricardo Enrique¹, Solari Luigi¹,
Martens Uwe¹, Abdullin Fanis¹ y Sierra-Rojas María I.²¹Centro de Geociencias, UNAM²Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
milianric@gmail.com

La Formación Chivillas está constituida por turbiditas siliciclásticas y rocas volcánicas que se acumularon en un ambiente extensional durante el Cretácico Inferior. Estas rocas afloran muy cerca de la Falla Oaxaca por lo que guardan el registro de erosión y acumulación entre los terrenos Cuicateco y Zapoteco. El estudio de procedencia detrítica permitió determinar las fuentes principales y la termocronología permitió restringir la edad de exhumación de la Formación

Chivillas. El estudio se realizó a muestras colectadas en tres localidades, dos al noreste de Tehuacán, Puebla, y una al este de Teotitlán, Oaxaca. Las areniscas presentan evidencia de una diagénesis avanzada o metamorfismo incipiente indicado por la deformación de granos, clivaje poco desarrollado y mica blanca de neoformación. La petrografía muestra como fuentes principales a rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, granitos y metamorfitas. La edad máxima de depósito establecida a través del U-Pb en circon es de ~125 Ma, análoga a lo reportado previamente. Además, se identificaron poblaciones con edades entre ~1200 y 900 Ma, ~280 y 207 Ma y ~144 y 125 Ma, las cuales coinciden con lo reportado en bloques de basamento y arcos magmáticos del sur de México. La geocronología U-Pb y geoquímica de apatitos permitió identificar un grupo de granos con edades entre ~933 y 920 Ma con características geoquímicas (e.g., Sr/Y vs LREE) que se asocia a un ambiente metamórfico de alto grado y grupos entre ~288 y 260 Ma y ~132 Ma con características geoquímicas relacionadas a un ambiente ígneo (e.g., Y vs #REE). Se interpreta que las rocas de la Formación Chivillas poseen como principales fuentes detríticas a las rocas de alto grado del Complejo Oaxaqueño, rocas graníticas asociadas al arco magmático del Carbonífero-Pérmico (e.g., batolitos Honduras, Zanitza y granito Etla) y rocas volcánicas asociadas a un arco magmático del Cretácico Inferior del sur de México. Las trazas de fisión en apatito arrojan edades del Eoceno medio y tienen longitudes que reflejan un solo evento de enfriamiento. Las trayectorias de los modelos tiempo-temperatura indican que éste se desarrolló entre los 46 y 37 Ma. Estas edades se correlacionan con la tectónica de extensión que desarrolla el Sistema de Falla Oaxaca, el levantamiento de la Sierra Mazateca y hundimiento del Valle de Tehuacán.

GEOQP-8

ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS, CARACTERÍSTICAS PETROLÓGICAS Y ESTRATIGRAFÍA DEL CAMPO VOLCÁNICO DE TEPEXPAN

Bautista Ramírez Lorena M.¹, Morán Zenteno Dante Jaime² y Martiny Barbara M.²¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Instituto de Geología, UNAM
lorebautista22@hotmail.com

El Campo Volcánico Tepexpan (CVT) se localiza a 25 km al norte de la ciudad de Toluca y al suroeste de Ixtlahuaca de Rayón y está ubicada dentro de la parte oriental de la Faja Volcánica Transmexicana. Es un conjunto de conductos volcánicos que se encuentra relativamente aislados en la parte central de los valles de Toluca-Ixtlahuaca. Se reconocieron 15 conductos volcánicos que forman estructuras tipo domo rodeados por depósitos piroclásticos. Dentro del CVT se identificaron distintas fases de vulcanismo como los domos, los cuales están formados por dacitas porfíricas, cuerpos lávicos intermedios representados por andesitas porfíricas, así como diversos depósitos ignimbíticos. Para caracterizar las relaciones entre las diferentes unidades se realizaron columnas estratigráficas. Un detalle significativo es que en el CVT se encontró un bloque xenolítico, de aproximadamente 5 metros de diámetro, formando capas de caliza, arenisca y pizarra con un bajo grado de metamorfismo. Por su litología y ubicación, este xenolito se considera parte del Terreno Guerrero, específicamente del subterreno Arcelia dentro de la parte inferior de la sucesión Arcelia- Palmar Chico. Se reconocieron dos litofacies dentro de los domos estas se distinguen por la presencia o ausencia de piroxeno. Los domos se caracterizan por fenocristales de plagioclasa, anfíbol, biotita y cuarzo, en algunos casos se tiene xenocristales de titanita. Se observaron diversos rasgos de desequilibrio dentro de las dacitas lo cual se interpreta como resultado de mezcla de magmas. Los resultados de la geoquímica muestran que los domos corresponden principalmente al campo de las dacitas. Todas ellas entran en el campo subalcalino típico de arco. Dentro de los resultados de los elementos traza tenemos anomalías positivas de U, K, Pb, Sr y Eu y negativas de Nb, Zr, y Ti. En el caso de las tierras raras en general se tiene una tendencia lineal con una anomalía variable de Eu. Se realizó el fechamiento de una muestra de biotita por medio de K-Ar con un resultado de 1.6 ± 0.1 Ma, además de uno por medio de Ar-Ar con resultado de 1.86 ± 0.11 Ma. Los resultados geocronológicos y petrológicos indican que el CVT evolucionó de manera contemporánea a la parte sur de la Sierra de las Cruces, con una composición similar. En cambio el Volcán Jocotitlán presenta rasgos petrológicos similares a los encontrados en el CVT, sin embargo, los depósitos del Jocotitlán son más jóvenes.

GEOQP-9

GEOLOGÍA, GEOCRONOLOGÍA Y TERMOBAROMETRÍA DEL COMPLEJO BATOLÍTICO DE LOS CABOS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Gutiérrez Navarro Rodrigo¹, Ferrari Luca², Orozco-Esquivel
Teresa³, Vargas-Salinas David³ y Ishiki-Pérez Hiromi⁴¹Posgrado Ciencias de la Tierra, UNAM²Centro de Geociencias, UNAM³Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad de Guerrero⁴Facultad de Ciencias, Juriquilla, UNAM

rodrigo.gutierrezn@gmail.com

El Bloque de Los Cabos en Baja California Sur corresponde a la parte sur del Batolito Peninsular y se correlaciona con el Batolito de Puerto Vallarta en el Bloque Jalisco.

En conjunto, estos cuerpos intrusivos presentan edades de cristalización entre el Cretácico Tardío y el Paleoceno y su exhumación está relacionada con la apertura del Golfo de California desde el Mioceno inferior y medio. El Complejo Batolítico de los Cabos está expuesto en la Sierra La Laguna y su contraparte se encuentra en la Sierra La Trinidad; estos complejos cristalinos se encuentran separados por la Falla y la cuenca de San José del Cabo. En este trabajo se presentan observaciones de campo, nuevas edades U-Pb y Ar-Ar así como datos geobarométricos de Al en hornblenda que permiten constreñir el magmatismo Cretácico-Paleoceno y la relación estructural entre la Sierra La Laguna y la Sierra La Trinidad. Con base en este estudio y la integración de datos publicados previamente, se reportan estructuras y texturas que indican un proceso de mingling y mezcla de magmas asociados a una zona de MASH, que en conjunto con edades de cristalización U-Pb en circón indican una historia magmática entre ~100 y 73 Ma con enfriamiento y cristalización progresiva desde el W hacia la parte E. Las estimaciones de profundidades de cristalización basadas en el geobarómetro de Al en hornblenda, oscilan entre 10 y 20 km lo que sugiere un sistema dinámico, conectado a lo largo de la corteza superior. Los análisis de U-Pb en circones detríticos de las unidades sedimentarias de la Cuenca San José del Cabo arrojan edades entre ~99 y 73 Ma, e indican una procedencia de detritos de los Bloques de la Sierra La Laguna y Sierra La Trinidad en una cuenca cerrada del Mioceno medio a tardío. La integración de estos datos en conjunto con los datos publicados previamente, sugieren que la Sierra La Trinidad corresponde con el bloque de techo de la Falla San José del Cabo.

GEOQP-10

ESTUDIO DE LA IGIMBRITA SAN GREGORIO DEL CAMPO VOLCÁNICO DE TAXCO

Hernández Vargas José Juan¹, Martiny Barbara M.² y Morán Zenteno Dante Jaime²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

peepetoo17@hotmail.com

La sucesión volcánica del campo volcánico de Taxco (CVT), del Eoceno más tardío, constituye un registro importante de volcanismo silíceo explosivo en el sector central-norte de la Sierra Madre del Sur. La ignimbrita San Gregorio, una de las unidades más prominentes de la sucesión del CVT, es una ignimbrita altamente soldada y rica en cristales. Las características y variaciones físicas y químicas de la ignimbrita San Gregorio (vertical y lateralmente) fueron obtenidas mediante trabajo de campo, petrografía, medición de densidades, geoquímica de roca entera y química mineral con el objetivo de entender el mecanismo de su emplazamiento y su origen. Como resultados, se estableció que la ignimbrita San Gregorio representa una sucesión piroclástica compuesta por dos miembros riolíticos (inferior y superior) que a su vez fueron emplazados por dos unidades de flujo distintas. Ambos miembros fueron divididos, cada uno y verticalmente, en dos litofacies diferentes. La naturaleza masiva de las litofacies identificadas permitió interpretar que los miembros inferior y superior fueron formados mediante agradación progresiva de corrientes piroclásticas calientes, estables, energéticas y de alta concentración. De la misma forma, la ignimbrita San Gregorio ha sido asociada con un mecanismo de emplazamiento por fuenteo piroclástico (pyroclastic fountaining) que inició con la emisión de corrientes piroclásticas tipo boiling over y evolucionó hacia un fuenteo piroclástico de mayor altura. Las evidencias petrográficas como las texturas de disequilibrio y zonación en fenocristales de plagioclasa, la presencia de olivinos y piroxenos ricos en Fe inmersos en la matriz de ambos miembros de la ignimbrita San Gregorio, el contenido de enclaves máficos, así como fragmentos de vidrio juvenil con distinto contenido en SiO₂ denotan una mezcla incompleta (mingling) de magmas máficos dentro de una cámara magmática silícea, lo cual también pudo ser el factor desencadenante de la erupción. El contexto tectónico local bajo el cual se desarrolló el CVT durante el Eoceno tardío, la presencia de voluminosas ignimbritas ricas en cristales y el emplazamiento de un importante campo de domos riolíticos en el área de Tenerife, al noroccidente de Taxco, así como la presencia de yacimientos minerales importantes en el área de Taxco sugieren su relación con un sistema magmático de larga vida, a una cámara magmática de tamaño moderado y asimétrica, y a una caldera de colapso.

GEOQP-11

LITOFACIES Y ORIGEN DE LAS SUCESIONES PIROCLÁSTICAS PALEÓGENAS DEL FLANCO OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE VALLE DE BRAVO

Minor Varela Mario Alberto¹, Morán Zenteno Dante Jaime² y Martiny Barbara M.²

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
new-minor@ciencias.unam.mx

La Sierra Madre del Sur (SMS) es una provincia geológica que contiene el registro de actividad magmática de arco durante el Mesozoico y Cenozoico, previo al truncamiento tectónico de la margen continental. Está constituida por una cadena semi-continua de plutones que se extiende en su totalidad en el margen continental y un cinturón de centros volcánicos silíceos e intermedios que se encuentra al interior del continente. La sucesión de ignimbritas del centro volcánico Valle de Bravo (IVB) pertenece al cinturón de centros silíceos que se emplazaron durante el Paleógeno en la porción norte central de la SMS. A su vez las sucesiones ignimbritas subyacen a una cubierta de cuerpos volcánicos del Pleistoceno de la

Faja Volcánica Transmexicana. En este trabajo se estudiaron a detalle los flujos piroclásticos y conductos alimentadores del de la región, lo cual permitió identificar que la sucesión volcánica de la IVB está integrada por cuatro diferentes facies de intracaldera con un espesor expuesto aproximado de 350 m, las cuales están estrechamente relacionadas con una suite de diversos diques piroclásticos, que sirvieron como fuente de alimentación de dichas unidades. Existen rasgos que permiten relacionar a la IVB con una caldera de colapso tipo downsgang, ya que se caracteriza por presentar depósitos de gruesos espesores que se distribuyen de manera semielíptica, sin que sea una estructura de anillo que delimite los bordes de la caldera. Los conductos alimentadores son de forma cilíndrica, varían típicamente de subverticales a verticales, tienen una variación en anchura, que va desde decenas de centímetros a decenas de metros, y su característica principal es una marcada textura eutaxítica. El análisis geoquímico muestra que las rocas son de composiciones riolíticas con características de magmatismo de arco, y como se involucró posiblemente mecanismos de diferenciación magmática como cristalización fraccionada. El fechamiento realizado por Ar-Ar en una muestra de sanidinos, dio como resultado dos edades de 35.85 ± 0.16 Ma y 36.77 ± 0.25 Ma, edades que son similares a las publicadas para el Peñón de Temascaltepec.

GEOQP-12

PETROLOGÍA Y CONDICIONES DE CRISTALIZACIÓN DEL PLUTÓN DE COXCATLÁN, ESTADO DE GUERRERO

De León García María Cristina, Morán Zenteno Dante Jaime y Martiny Barbara M.

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

cris.delen@gmail.com

El plutón de Coxcatlán se localiza en el poblado de Coxcatlán, municipio de Buenavista de Cuellar, Estado de Guerrero. Este plutón se encuentra dentro del domo estructural regional en el área de Tilzapotla, y sugiere un batolito construido a profundidad. El plutón de Coxcatlán se caracteriza como un cuerpo ígneo heterogéneo debido al reconocimiento de varias facies que parecen representar diferentes lotes magmáticos. Por su extensión y características texturales y mineralógicas se destacan dos facies principales: de grano grueso y de grano fino, ambas de composición monzogranítica. La facies de grano grueso se caracteriza principalmente por la presencia de cuarzo, feldespatos potásico, plagioclasa, biotita y anfíbol, y se distingue de la facies de grano fino por su relativa alta abundancia de este último ferromagnesiano. Uno de los rasgos más característicos de ambas facies es la presencia de la textura rapakivi, la cual se reporta por primera vez en este trabajo. Se reconocieron diversos enclaves magmáticos de composición intermedia a félsica (cuarzodiorita, cuarzomonzodiorita, cuarzomonzonita y granodiorita), los cuales generalmente suelen ser más máficos que la roca huésped y muestran evidencias de mezcla inhomogénea (mingling), también se observaron xenolitos metamórficos contenidos en el plutón. Los diques que intruyen al plutón suelen ser de tipo: gabroico, dacítico, andesítico, diorítico y aptítico. Las características texturales y mineralógicas sugieren que el emplazamiento de las diferentes facies ocurrió cuando la masa formada por los lotes de magma anteriores todavía se encontraba en estado suprasolidus. Estas evidencias consisten en rasgos de mezcla incompleta (mingling) e indicaciones de reacciones de disequilibrio que se desarrollaron debido a los cambios en las condiciones P-T y otras variables (X; composición química y fH₂O; fugacidad del agua) en la cámara magmática o durante el ascenso del magma.

GEOQP-13 CARTEL

ESTUDIO DE LA GEOCRONOLOGÍA Y EXHUMACIÓN DE LOS BATOLITOS UBICADOS EN LA REGIÓN DE PINOTEPA NACIONAL, OAXACA

Muñoz Rojas Eddie R.¹, Martiny Barbara M.² y Morán Zenteno Dante Jaime²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

eddiert09@gmail.com

En la parte occidental del estado de Oaxaca en inmediaciones de Pinotepa Nacional afloran al menos ~1000 km² de rocas intrusivas con afinidad de arco ubicadas dentro de la denominada la Sierra Madre del Sur (SMS) y cuya información geocronológica ha sido poco constreñida. Debido a la baja cantidad de dataciones U-Pb en el sector, en este estudio se hicieron dataciones U-Pb en zircones individuales por medio de LA-ICP-MS de nueve muestras con la finalidad de enriquecer la base de datos geocronológica de la zona. Lo anterior necesario para posicionar estos cuerpos intrusivos dentro del marco temporal y tectono-magmático de la SMS y contribuir en el entendimiento de la evolución del magmatismo en esta parte del margen sur de México. Estos plutones tienen afinidad calcálcica y van desde tonalitas hasta sienogranitos según su composición modal e intruyen rocas migmatíticas del Complejo Xolapa. Los fechamientos isotópicos permitieron identificar tres pulsos magmáticos principales durante el Paleógeno para un transecto NNE desde la costa pacífica al sur de Pinotepa Nacional y hacia el interior del continente. Un primer evento magmático de ~ 50 Ma que no había sido reportado anteriormente para este sector presenta características geoquímicas que indican su procedencia de una fuente distinta a la que generó los eventos más jóvenes. El segundo evento y a su vez el más extendido en la zona se ubica entre ~ 30 y 27 Ma. Un evento de ~ 25 Ma se interpreta como el último pulso antes de la extinción del magmatismo en el área estudiada. La similitud entre las edades de cristalización y las edades de

enfriamiento K-Ar previamente publicadas para la zona sugieren el levantamiento rápido de los intrusivos por lo menos en el Oligoceno tardío. Al comparar las edades obtenidas en este estudio con edades Ar-Ar y K-Ar para rocas volcánicas al interior del continente se puede interpretar un patrón de extinción en el magmatismo desde el interior del continente hacia la trinchera. Rocas de edad similar al intrusivo de ~50 Ma se han identificado en otros sectores de la costa en la SMS lo que indicaría una paleoconfiguración del arco similar al margen actual del sur de México. Los análisis termobarométricos y de química mineral en anfíboles permitieron además constreñir condiciones de temperatura y presión. Para los plutones al interior del continente se calcularon temperaturas de cristalización de 716 °C y presiones de 2 kbar (~7 km), mientras tanto los plutones de la costa presentan temperaturas de 759 a 765 °C con presiones de 4 kbar (~15 - 16 km) indicando un levantamiento mayor para el sector costero comparado con el interior del continente. La exhumación de estos intrusivos se interpretó como consecuencia de los procesos que generaron el truncamiento de la margen.

Sesión regular

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Organizadores:

Luis Alonso Gallardo

Vlad Manea

Markus Gross

Jonas D. De Basabe Delgado

MSG-1

APLICACIÓN DE MÉTODOS DE MACHINE LEARNING PARA OBTENER REGISTROS DE POZO EN DIFERENTES CAMPOS DE LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA EN COLOMBIA

Torres Arboleda Jorge, Bertaiola Ríos Franco, Duque Gómez Luis Fernando y Muñoz García Andrés Mauricio
 Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM
 jorgetorres287610@correo.itm.edu.co

El machine learning es una rama de la inteligencia artificial que utiliza los datos recopilados de algún evento o experimento para inferir respuestas de experiencias no conocidas, esta investigación pretende explorar esa capacidad para la reconstrucción de registros de pozos. En el presente trabajo se utilizan específicamente cuatro pozos ubicados en la cuenca del Valle Medio del Magdalena en Colombia, los pozos W1, W2, W3 pertenecientes a un mismo campo y el pozo W4 ubicado en un campo vecino a una distancia aproximada de 6 km. Se utilizaron los métodos de Regresión multilínea, Random Forest, KNN, XGBoost, AdaBoost y Redes Neuronales Artificiales para entrenar un modelo con base en los registros de los tres primeros pozos que comprenden Gamma Ray (GR), Potencial espontáneo (SP) y Densidad (RHO) para posteriormente reconstruir la velocidad de onda P y S en el campo vecino. Proponemos una metodología computacional generalizada con el fin de obtener modelos fiables a partir de registros conocidos para ser aplicados sobre pozos distantes ubicados en campos con estructuras geológicas diferentes pero con similitudes litológicas. Para esto se aplicaron los modelos entrenados sobre W4 con registros de control que permitieron una validación del método y confirmaron la posibilidad de generar los registros faltantes para mejorar la modelación del pozo. Desde el inicio de la actividad exploratoria petrolífera del país se han perforado cientos de pozos, en algunos de los cuales se han tomado pocos registros y en rangos de profundidad específicos de un objetivo geológico, pero debido al agotamiento de las reservas, existe la necesidad de reconstruir los registros faltantes, lo cual implica una inversión económica tan elevada que haría inviable muchos proyectos. Los resultados obtenidos en este trabajo fueron satisfactorios y permitieron observar la generalización de la metodología, validando la fiabilidad de estas herramientas computacionales que pueden suplir las necesidades del país y las empresas petroleras, generando un impacto positivo en cuanto a la disminución de los recursos económicos y técnico-científicos requeridos para la toma de registros.

MSG-2

ESQUEMA CONTINUO DE FUNCIONALES DE INVERSIÓN USANDO DATOS GRAVIMÉTRICOS Y MAGNÉTICOS

Plascencia García Cristyan Jeovany¹, Fregoso Becerra Emilia¹ y Morelos Vázquez Miguel Angel²
¹CUCEI, Universidad de Guadalajara
²CIMAT
 cristyanplascencia@gmail.com

El proceso de estimar parámetros geofísicos del subsuelo (Ej. densidad, susceptibilidad magnética, resistividad eléctrica, velocidad de ondas sísmicas) por medio de datos en la superficie de la Tierra, es conocido como solución de un problema inverso. Estos problemas son el equivalente a encontrar el modelo, es decir, una distribución de los parámetros geofísicos, mismos que generan los datos observados. La dificultad en la solución de los problemas inversos consiste en que son mal planteados, es decir, presentan problemas de existencia, unicidad y estabilidad. De esta manera, la solución de un problema inverso se basa en una aproximación al modelo o conjunto de parámetros reales. En geofísica, una poderosa estrategia para resolver problemas inversos, consiste en utilizar el método de mínimos cuadrados regularizados utilizando regularización de Tikhonov, que comúnmente requiere derivadas de segundo orden, es decir, del operador Laplaciano. Sin embargo, esta formulación produce soluciones suaves que en ocasiones puede no corresponder con la realidad, razón por la cual se han obtenido métodos que utilizan regularización con derivadas de primer orden como el operador de variación total, con lo cual se definen mejor algunos cuerpos en el subsuelo. Con esta visión sobre los problemas inversos, es que se plantea en este trabajo el tema de inversión de datos geofísicos utilizando variación total, con un esquema desarrollado desde la formulación continua del problema de inversión, usando la teoría de cálculo en espacios de Banach, y por tanto de Hilbert. Se mostrarán los resultados de esta metodología en experimentos sintéticos gravimétricos y magnéticos.

MSG-3

COMPARATIVO DE ELEMENTOS HEXAEDRALES Y TETRAEDRALES DE ORDEN SUPERIOR EN EL MODELADO 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS

Gallardo Romero Erik y Ruiz Aguilar Diego
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
 egallardo@cicese.edu.mx

Un gran número de regiones con potencial minero y geotérmico en donde se realizan campañas de adquisición de datos magnetotelúricos (MT) involucran zonas con geometrías complejas (e.g., yacimientos no convencionales, topografía abrupta, límites costeros). Estas geometrías son difíciles de representar con las mallas rectilíneas utilizadas con la técnica de diferencias finitas. Por otro lado, el método de elemento finito permite utilizar mallas no estructuradas que se ajustan bien a las geometrías mencionadas. La elección del tipo de elemento y las funciones base a utilizar es una parte medular de cualquier implementación de elemento finito, puesto que influye en la exactitud y resolución de la solución numérica estimada. Se realiza entonces, un comparativo entre 3 tipos de elementos: 1) hexaedros regulares con funciones base de orden 1, 2) tetraedros con funciones de orden 1 y 3) tetraedros con funciones de orden 2. El primero es conocido por su facilidad de incorporarse a geometrías sencillas. Por otro lado, el segundo y el tercero se acoplan mejor a geometrías complejas. Con la intención de exponer las virtudes y limitantes de estos elementos, se diseñaron modelos sintéticos 3D con geometrías simples y complicadas. Se evalúan y comparan las respuestas de estos modelos en el campo eléctrico y en las funciones de transferencia (i.e., la resistividad aparente y fase). Finalmente, se demuestra que el uso de funciones base de orden superior permite obtener una respuesta exacta involucrando una menor cantidad de elementos.

MSG-4

ANÁLISIS DE MALLAS ESTRUCTURADAS Y NO ESTRUCTURADAS EN EL MODELADO 2D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS

Gallardo Romero Erik y Ruiz Aguilar Diego
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
 egallardo@cicese.edu.mx

La modelación 2D en el método magnetotelúrico (MT) mediante la técnica de elemento finito ayuda a comprender la respuesta magnetotelúrica de estructuras geoelectricas complejas con tendencia bidimensional. En elemento finito, la exactitud de la solución tiene una fuerte dependencia con la forma en la que se discretiza el dominio. En la literatura se han implementado dos tipos de mallas: estructuradas y no estructuradas. Mientras que las primeras son fáciles de definir, las segundas pueden refinarse de forma más eficiente en las zonas de interés, sin afectar el resto del dominio. Para comparar ambos tipos de dominios, se diseñaron modelos sintéticos bidimensionales con diferentes características. Con base en estos modelos, se construyen múltiples mallas estructuradas y no estructuradas para evaluar y comparar sus respuestas en el campo eléctrico y en las funciones de transferencia (i.e., resistividad aparente y fase). Dependiendo de la complejidad en la geometría del modelo en cuestión, las mallas no estructuradas proveen un mejor resultado.

MSG-5

COMPARACIÓN DE MÚLTIPLES ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING DE LA RECONSTRUCCIÓN DE REGISTROS EN LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA EN COLOMBIA

Bertaiola Ríos Franco, Torres Arboleda Jorge, Muñoz García Andrés Mauricio y Duque Gómez Luis Fernando
 Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM
 francobertaiola239752@correo.itm.edu.co

En la cuenca del valle medio Magdalena se encuentra la formación Mugrosa, esta formación es de alto interés geofísico y petrolífero, debido a que en esta se acumularon grandes reservas de hidrocarburos. En la época de apogeo en la exploración y explotación de la zona se realizaron varias perforaciones, las de principal interés para esta investigación son tres pozos, Tenerife 1 (T1), Tenerife 2 (T2) y Tenerife (T3) en los cuales se tomaron parcialmente los registros de pozo dipolar de onda P (DTCO), dipolar de onda S (DTSM) y Gamma Ray (GR) para T1 y T2, y no fueron tomados en T3. La falta de registros en dichos pozos se vuelve un obstáculo para investigaciones y proyectos industriales presentes y futuros, dado que completarlos por métodos tradicionales resulta económicamente inviable. En la presente investigación se propone la implementación de una gama de métodos de Machine Learning (ML) como lo son el Random Forest, KNN, XGBoost, AdaBoost, Regresión multi-lineal y las Redes Neuronales Artificiales, con el fin de brindar una alternativa económicamente viable a esta problemática, dado que al realizar una comparación con las herramientas geofísicas convencionales, podemos observar que solo el traslado de las herramientas de medición, perforación y personal técnico y científico conlleva una inversión de recursos en tiempo y dinero mucho mayor que el requerido al realizar la reconstrucción de dichos registros a través de las

herramientas computacionales propuestas en este trabajo. Con el fin de poder realizar la reconstrucción de los registros faltantes, se emplea un algoritmo el cual se encuentra estructuralmente dividido en tres etapas; en la primera el programa realiza un proceso de autoajuste de los hiper-parámetros de los métodos de ML que mejor se adapten a los datos provenientes de T1 y T2, luego en la segunda etapa implementa el entrenamiento y validación de los métodos, aplicando varias métricas de error para así determinar el que presente mejor rendimiento para los datos de entrada, y luego pasar a la etapa de testeo, en la cual el algoritmo utiliza el método seleccionado anteriormente para predecir y comparar con datos de prueba. Finalmente se validaron los resultados con el modelo petrofísico del campo, mostrando la fiabilidad algoritmo, y logrando hasta un porcentaje de error absoluto promedio del 3.6%

MSG-6

CORRECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESPECTROS DE RAMAN ANTE LA PRESENCIA DE LUMINISCENCIA

Soto Alexander Víctor Manuel¹, Tago Josué¹, Sosa Ceballos Giovanni², Ramos Rosique Aldo¹ y Punzo Díaz José Luis³
¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
³INAH
 sk8_132@hotmail.com

La Espectroscopía Raman (ER) es una técnica fotónica que permite conocer la composición de los materiales. Una de las complicaciones más comunes al realizar un análisis por ER, es la alteración en el espectro que provoca la fotoluminiscencia de la muestra. Con el fin de identificar con mayor certeza la composición de las muestras analizadas, se propone una metodología para disminuir el efecto ruidoso que ocasiona la fotoluminiscencia. A pesar de que la fotoluminiscencia altera la señal hasta volverla irreconocible a simple vista, no destruye el espectro ideal de Raman, solo lo enmascara. Partiendo de esa premisa, se realizaron experimentos bajo diferentes condiciones en el Instituto de Geofísica, Unidad Morelia (IGUM) utilizando un láser monocromático verde de 532 nm. Para la corrección de la fotoluminiscencia se exploraron los métodos de regresión polinomial, filtro Savitzky-Golay y mínimos cuadrados penalizados con ponderación iterativamente adaptable (airPLS). Con estos métodos, se desarrollaron tres prototipos computacionales en Python que preprocesan los espectros para una mejor identificación de la composición. Se procesaron las señales obtenidas en el IGUM, así como muestras relacionadas con un proyecto del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), y se correlacionaron con la base de datos de la Universidad de Arizona (RRUFF). Esta base de datos contiene un catálogo de espectros de Raman de distintos minerales y compuestos ideales. Los resultados demuestran que nuestra metodología es efectiva para encontrar una coincidencia con las bases de minerales ideales. Las herramientas desarrolladas se encuentran ahora en uso por el personal del laboratorio del IGUM.

MSG-7

USO DE UNA REPRESENTACIÓN EN B-SPLINES PARA UN CUERPO FUENTE EN INVERSIÓN BAYESIANA DE DATOS GRAVIMÉTRICOS

Palafox González Abel¹, Fregoso Becerra Emilia¹ y Daza Torres María Luisa²
¹Universidad de Guadalajara, UdeG
²Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT A.C.
 abel.palafox@academicos.udg.mx

La formulación de problemas inversos en el contexto Bayesiano, ha tenido creciente demanda debido a que este enfoque permite caracterizar las soluciones al problema inverso utilizando distribuciones de probabilidad, cuantificando a la vez la incertidumbre en la solución (o las soluciones). No obstante, el paradigma Bayesiano descansa fuertemente en la exploración de la distribución de probabilidad para el cuerpo fuente (desconocido) condicional a los datos, mediante métodos de Markov chain Monte Carlo (MCMC). La representación del dominio de estudio (a su vez, del cuerpo fuente) como un arreglo tridimensional de prismas rectangulares, conduce a un problema de alta dimensión que, por su costo computacional, no es realizable dentro de un MCMC. En este trabajo, suponemos que la frontera del cuerpo fuente puede escribirse como una curva B-spline, y utilizando este modelo sustituto planteamos un problema alternativo que es numéricamente más alcanzable. Los B-spline tienen la ventaja de que pueden definir un frontera cerrada simple, utilizando pocos parámetros (a saber, puntos de control). De esta forma, formulando el problema inverso como un problema de inferencia Bayesiana sobre los puntos de control, se aborda un problema de menor dimensión, sacrificando ligeramente la resolución de la inversión. Discutimos los detalles de esta representación, así como del diseño del problema Bayesiano y del método MCMC, utilizando datos gravimétricos a partir de modelos sintéticos realistas en dos dimensiones como caso de estudio. Así mismo, discutiremos nuestros hallazgos a la luz de estos experimentos numéricos.

MSG-8

APRENDIZAJE DE MÁQUINA Y FUNCIONES DE BASE RADIAL PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON CAMBIOS ABRUPTOS

Nieto Butrón Mario A.¹ y De la Cruz Salas Luis Miguel²
¹Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, PCIC-IIMAS-UNAM
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 mizaro.30@gmail.com

El método de funciones de base radial (RBF) para la solución de ecuaciones diferenciales parciales (EDP), fue introducido por Kansa en 1990 y es una técnica libre de malla, para la solución de problemas multidimensionales, de fácil implementación y con convergencia espectral. Consiste en suponer que la solución al problema puede expresarse como una combinación lineal de funciones especiales, denominadas de base radial o kernels. El método inicia, colocando aleatoriamente un conjunto de nodos en el dominio espacial del problema, los cuales en principio no deben cumplir una condición particular, sin embargo se ha visto que la calidad de la solución varía con cada distribución de puntos; posteriormente se procede a construir un sistema de ecuaciones lineales usando uno de los kernels, de los cuales se pueden encontrar muchos en la literatura, algunos de ellos dependen de parámetros, cómo el parámetro de forma, que no es de simple elección; finalmente se selecciona un algoritmo de solución del sistema lineal. El proceso descrito anteriormente genera una gran cantidad de caminos o permutaciones distintas, que pueden llevar a soluciones exitosas o no exitosas. Con todas estas elecciones surgen las siguientes preguntas: ¿cómo elegir los parámetros más exitosos para la simulación?, ¿cuántas permutaciones son exitosas?, ¿cuál es la permutación más exitosa?, ¿existe algún método para saber a priori qué parámetros usar para encontrar una solución exitosa? En términos de información, cada simulación es una mina de oro que puede ser utilizada para realizar un análisis profundo de RBF y con su ayuda responder a las preguntas anteriores; nos encontramos ante un problema de clasificación binaria que puede ser tratado con regresión logística y/o con las redes neuronales. En este trabajo se estudian ambas estrategias para la determinación de permutaciones exitosas. Para el entrenamiento de la red neuronal, se generó una base de datos con la solución de problemas conocidos planteados en términos de EDP y en los que se eligieron de distintas maneras algunos parámetros. Se presenta al final una aplicación a la modelación de la transferencia de calor del sistema geotérmico de Acoculco, Puebla, donde existen datos de temperaturas a diferentes profundidades y el coeficiente de conductividad cambia abruptamente entre capas hasta 4000 m.

MSG-9

SIMULACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DE UNA ONDA ACÚSTICA EN 2D CON CONDICIONES DE FRONTERA ABSORBENTES (TIPO NEUMANN/DIRICHLET)

González Hernández Julio César, Bermeo Lopez Nelli Itzazochitl, Osorio Parra Omar y Reyes Galmichi Ivanna
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
 julio.gonzalezhdz@correos.buap.mx

La propagación de las ondas sísmicas es uno de los conceptos fundamentales en sismología y una forma de comprender este fenómeno radica en la modelación matemática, la cual integra métodos matemáticos y teorías de eventos físicos aplicados a la ingeniería, en este caso, prospección sísmica. Este trabajo consiste en desarrollar un algoritmo a través del software MATLAB con el fin de simular la propagación de ondas sísmicas, en un medio 2D para diferentes instantes de tiempo. En el que se propone un modelo que simula a un medio geológico estratificado, con condiciones de frontera de tipo Neumann/Dirichlet, estas condiciones determinan la interacción que existe en el medio con la frontera donde, para el caso de tipo Neumann permiten fijar el valor de las derivadas en la frontera del dominio, mientras que en el escenario de tipo Dirichlet permiten fijar el valor de una de las variables en el contorno, estas condiciones permitirán que no exista reflexión en las fronteras del dominio. Las velocidades de transmisión de onda están basadas en valores reales promedio de ondas P y recurriendo a la solución numérica de la ecuación diferencial de onda en 2D por el método de diferencias finitas, a partir del esquema de leap frog (saltos en el tiempo), como base para el desarrollo de dicha simulación. Este proceso se complementará con una subrutina que permita la obtención de sismogramas sintéticos, con miras a desarrollar posteriormente un esquema de inversión de datos. Así mismo, preliminarmente, dichos sismogramas se puedan emplear como datos sintéticos para ensayos de procesamiento sísmico mediante el método de reflexión, cómo parte del proyecto de conformación del laboratorio virtual de datos geofísicos sintéticos de la BUAP.

MSG-10

MODELACIÓN DE SISTEMAS FUERA DE EQUILIBRIO TERMODINÁMICO LOCAL

De la Luz Víctor
Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia
vdelaluz@enesmorelia.unam.mx

En esta presentación mostramos los avances del modelo PakalMPI para resolver un sistema Fuera de Equilibrio Termodinámico Local (NLTE por sus siglas en Inglés) utilizando un modelo paralelo para resolver el equilibrio estadístico en una atmosfera 3D en equilibrio hidrostático. Mostramos su acoplamiento con la Ecuación de Transporte Radiativo y las aplicaciones potenciales en el campo de la Geofísica. El código está escrito en C, utiliza las bibliotecas MPI para procesamiento en paralelo y forma parte del Grupo Interdisciplinario de Cómputo Científico de la UNAM.

MSG-11

DESARROLLO DE REDES NEURONALES PROFUNDAS (DNN) PARA PROCESOS DE INVERSIÓN GEOFÍSICA 1D A PARTIR DE DATOS ELECTROMAGNÉTICOS

Sánchez Galindo Luis Alfredo¹, Colchado Casas Juan Carlos¹, Huante Arana Francisco² y Sánchez Andrade Isai²
¹Geotem Ingeniería S.A. de C.V.
²Geotem Ingeniería S.A. de C.V.
asg.geotem@gmail.com

La solución a los problemas inversos en geofísica a partir de los datos observados para la estimación de propiedades físicas en el interior terrestre, en general son propuestos como problemas de optimización (local o global). La búsqueda de solución se realiza a través de un proceso iterativo y comprende la utilización de funciones objetivo y gradientes basados en las relaciones físicas del sistema bajo estudio desde un punto de vista determinista o probabilista, según la naturaleza del método a implementar. Las soluciones a estos problemas están limitadas por la no unicidad y no linealidad inherente en su estructura y a la cuantificación de incertidumbre en nuestras mediciones manteniéndose como tareas complejas de alta exigencia computacional. En años recientes, el uso de métodos de Machine Learning (ML) dentro del ámbito geo-científico, ha ganado popularidad y notoriedad. En el caso particular de las llamadas técnicas de aprendizaje supervisado mediante Redes Neuronales Profundas (DNN). Estas han tenido éxito en el campo de la visión computacional, en tareas de detección, clasificación y segmentación de imágenes, gracias al incremento continuo en la capacidad de modelar grandes volúmenes de datos sintéticos y sobre todo, a su notable característica de hacer uso de los procesos de extracción de propiedades no explícitas, en niveles de abstracción cada vez más profundos sobre la estructura de los datos como un proceso enteramente data-driven. Estas características sirven de estímulo para su adopción como herramientas complementarias en la solución a problemas inversos geofísicos. En este trabajo se expone y detalla una metodología para la construcción e implementación de una arquitectura de red neuronal profunda (DNN y CONVNET), utilizando datos EM de entrenamiento y validación a partir de modelos sintéticos 1D. Se describe lo referente al ajuste y configuración de los hiperparámetros sobre la red neuronal, implementación de métodos de regularización para la reducción de overfitting y la incorporación de métodos de optimización estándar dentro del DL para la eficiencia computacional y convergencia del algoritmo. Con el objetivo de obtener una red neuronal, capaz de generalizar y mostrar altos valores de precisión en la estimación de resistividad eléctrica del subsuelo.

MSG-12

INTERPRETACIÓN DE DATOS MAGNÉTICOS EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA PALACIO DE OCOMO A PARTIR DE UN MÉTODO CUANTITATIVO DE SIMILITUD ESTRUCTURAL

Guerrero Arroyo Edgar Alejandro, Fregoso Becerra Emilia, Palafox González Abel, Becerra López Fernando Ignacio, Alatorre Zamora Miguel Angel y Marín Maldonado Sara Leticia
CUCEL, Universidad de Guadaluajara
edgar.guerrero@academicos.udg.mx

El método magnético es ampliamente utilizado en estudios arqueológicos. Al ser una técnica no invasiva, resulta eficiente para la detección de muros, cavidades, etc., además de ser de bajo costo operativo. En este trabajo se aplicará esta técnica para el estudio de la zona arqueológica Palacio de Ocomo, ubicada en la región de Oconahua, Jalisco, la cual se encuentra en la etapa de investigación y reconstrucción, por lo que el estudio con datos magnéticos contribuirá con el entendimiento de los rasgos arquitectónicos de la región. A partir de estos datos, se utilizará el índice de medida de similitud estructural (SSIM por sus siglas en inglés), el cual es un método usado para medir la similitud entre dos imágenes. El SSIM está diseñado para ser una mejora a métodos comparativos tradicionales como el error cuadrático medio (MSE). La diferencia con respecto a otras técnicas como el MSE radica en que éstas en su mayoría estiman errores absolutos. Por otro lado, el SSIM es un modelo basado en la percepción que considera la degradación de imágenes como cambios percibidos en la información estructural, mientras que también incorporan importantes fenómenos perceptuales como enmascaramientos

de iluminación y contraste. En este trabajo se describirán los resultados de aplicar el método SSIM a los datos magnéticos de la zona de estudio. Nuestros resultados indican una buena correspondencia con los obtenidos durante las excavaciones, lo cual permitirá orientar los trabajos futuros en este sitio arqueológico.

MSG-13

EFFECTOS ANISOTRÓPICOS DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS EN LA PROPAGACIÓN DE ONDAS ELÁSTICAS

Rioyos Romero Rubén y De Basabe Jonas D.
CICESE
rioyses@cicese.mx

Las fracturas controlan de forma importante la permeabilidad de los yacimientos. Además, la orientación de los diferentes conjuntos de fracturas determina las direcciones de desplazamiento de los fluidos contenidos, estas últimas son de vital importancia en el desarrollo de la explotación de combustibles fósiles. Dado que los datos sísmicos son la fuente primordial de información para los parámetros de las fracturas, es importante estudiar la respuesta esperada bajo diferentes configuraciones de uno o varios conjuntos de fracturas. Para tal objetivo, las teorías de medios equivalentes (TME) son herramientas útiles. Las teorías de Hudson y Schoenberg son las más ampliamente estudiadas en la literatura, sin embargo, es la teoría de Hudson la que mantiene una liga directa con los parámetros estructurales y geométricos de las fracturas, aunque en la literatura se reporta que la precisión de esta teoría está reducida a un rango de densidad de fractura entre 0.01 y 0.05. Por otra parte, el modelado directo de la propagación del campo de ondas en medios fracturados permite estudiar la anisotropía del campo de ondas generada debido a cambios en los parámetros de las fracturas. Nosotros ejecutamos simulaciones numéricas 2D en rocas digitales fracturadas (RDF) usando el método de Galerkin discontinuo, con el cual investigamos los efectos de la densidad y longitud de las fracturas en la anisotropía de la onda P en conjuntos de fracturas con distribución aleatoria. Las fracturas están configuradas para tomar lugar en las interfaces de los elementos de las mallas de elementos finitos y están restringidas a ser de la misma dimensión que las caras de los elementos. Se diseñaron experimentos independientes para los fenómenos de densidad de las fracturas y de longitud de las fracturas cuidando que las RDF sean comparables con los modelos de teorías de medios equivalentes. Se eligieron velocidades de onda P y S de minerales predominantes en rocas típicas de yacimientos petroleros. Los resultados son comparados con los de la teoría de medio equivalente de Hudson (MEH). Cuando las densidades de fractura están entre 0.01 y 0.08, nuestros resultados son concordantes con MEH, sin embargo, cuando las densidades de las fracturas son más grandes que 0.08, los resultados de RDF y MEH divergen. Los resultados indican que la precisión de MEH depende, no sólo de la densidad de las fracturas, sino también de la relación de velocidades de las ondas P y S. Además, las simulaciones numéricas revelan un retraso en el frente de onda P cuando la longitud de onda es siete veces más grande que la longitud de las fracturas, y el retraso llega a ser considerable cuando la distribución de las fracturas es no uniforme.

MSG-14 CARTEL

APLICACIÓN DEL MÉTODO “DRASTIC” PARA DETERMINAR UN MAPA DE VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO DE APAN, ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

González Guevara José Luis, Téllez de la Cruz Óscar Alexis, Ventura Marroquín Julia Isabel, Coba Báez Alfredo Yael, Martínez Mirón Yleana Claudia, Rosas Rosales Perla Sagrario, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo y Alonso Ruiz Francisco Martín
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
jose.gogu@gmail.com

La evaluación de vulnerabilidad de un acuífero es algo que en muchas ocasiones se pasa por alto; sin embargo, es de vital importancia, ya que nos ayuda a determinar ciertos factores que ayudarían a hacer mejor uso de estos recursos que son vitales para el desarrollo de las comunidades que lo utilizan como fuente para sus actividades cotidianas. El método DRASTIC es un modelo empírico desarrollado por Aller et al (1987) para la Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA, por sus siglas en inglés) y suele ser muy útil cuando se quiere construir mapas de vulnerabilidad con datos de profundidad de agua, recarga neta, litología del acuífero, tipo de suelo, topografía, naturaleza de la zona no saturada y conductividad hidráulica. En este trabajo se presenta la evaluación de vulnerabilidad del acuífero de Apan que se ubica en el estado de Hidalgo, por medio de un mapa que se elaboró siguiendo la metodología DRASTIC, la cual nos ayudó a determinar las zonas más vulnerables del acuífero.

Sesión regular

OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores:

Amaia Ruiz

Bernardo Esquivel

Cecilia Enríquez

Christian Appendini

OCC-1

CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE EN LA ISLA TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, DURANTE EL PERIODO 2010-2020

Acosta Solís Gonzalo¹ y Esquivel Trava Bernardo²
¹Facultad de Ciencias Marinas, UABC
²CICESE
 gonzalo.acosta@uabc.edu.mx

En el océano las olas son generadas por la acción del viento y pueden clasificarse en dos tipos: 1) durante los procesos de generación y crecimiento, cuando las olas son consideradas "jóvenes", son denominadas como oleaje local (windsea); y 2) ya que las olas se propagan fuera del área de generación o incluso cuando su velocidad es mayor que la del viento que las generó, son conocidas como swell. El oleaje tipo swell puede propagarse cientos o incluso miles de kilómetros de distancia sin atenuarse; como resultado, el campo de olas en cualquier sitio suficientemente expuesto al océano abierto estará compuesto por olas de diferentes frecuencias y direcciones que reflejan las condiciones de viento sobre grandes áreas del océano. El oleaje juega un papel importante en diversos procesos de la interacción entre el océano y la atmósfera (ej. transporte de energía, calor y gases). Conocer las características predominantes del oleaje y su variabilidad en las diferentes escalas de tiempo nos permite analizar su relación con los distintos procesos climáticos y su impacto en los ecosistemas naturales y sociales de nuestro país. En este trabajo de investigación se analizan las series de tiempo en un periodo de 10 años (2010-2019) de los parámetros espectrales del oleaje (altura significativa, periodo y dirección promedio, y periodo y dirección asociados al pico espectral) obtenidos de las mediciones realizadas por un perfilador acústico Doppler (ADCP, por sus siglas en inglés), el cual se encuentra ubicado cerca de la isobata de los 20 metros, frente a la Isla Todos Santos, Baja California. De acuerdo a los resultados presentados se observa que el oleaje predominante frente a la Isla Todos Santos es de tipo swell. Durante invierno la mayor parte del oleaje presenta una dirección hacia el E y SEE, durante esta época del año se observan las alturas significantes de mayor tamaño (> 2 metros). En cambio durante los meses de verano el oleaje tiende a presentar alturas menores (0.9 +/- 0.2 metro) con una dirección hacia el NE y NEE. El periodo asociado al pico espectral muestra periodos altos (10-16 segundos) a lo largo de todo el año, a diferencia del periodo promedio que presenta una estacionalidad parecida a la de la altura significativa. El campo de olas también presentó una variabilidad interanual principalmente en la dirección y ocurrencia del oleaje más energético que está asociado a las tormentas extra-tropicales.

OCC-2

EFFECTOS DEL OLEAJE ASOCIADO A TORMENTAS LEJANAS EN LA MORFODINÁMICA DE LA PLAYA DE ENSENADA (BAJA CALIFORNIA)

Gasalla López Beatriz¹ y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia²
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
 gasalla.beatriz@uabc.edu.mx

La ocupación a lo largo de la costa continúa creciendo de forma acelerada y, en muchos de los casos, ésta escasea de una gestión urbanística y ecosistémica adecuada. Además, a veces los proyectos de ingeniería costera carecen de un plan de gestión sólido, y no consideran aspectos básicos como el clima marítimo y la morfodinámica de playas, hecho que lleva a aumentar el riesgo en las comunidades costeras cuando ocurren eventos extremos. Este trabajo, tiene como objetivo determinar la resiliencia de una playa intermedia expuesta a oleaje lejano (swell) ante eventos altamente erosivos. Para ello, se cuenta con mediciones topográficas y batimétricas mensuales desde agosto 2014, colectadas a lo largo de 3 km de la playa de Ensenada en Baja California, y datos de oleaje obtenidos a 20 m de profundidad frente a la playa. La primera parte del estudio se enfoca en analizar el oleaje asociado a tormentas lejanas y determinar su efecto sobre la morfología de la playa. Se identificarán eventos de swell energético aplicando análisis POT (Peak Over Threshold) y división espectral del oleaje y se realizará un rastreo de las tormentas que lo generaron. Después, se realizará un análisis morfológico para determinar su efecto volumétrico sobre la playa. Se espera que este trabajo contribuya a entender el efecto del cambio climático sobre la morfodinámica de la playa por el aumento de la frecuencia de generación de las tormentas en el océano Pacífico.

OCC-3

SENSIBILIDAD Y PRECISIÓN DE VIDEO-MONITOREO COSTERO EN EL LARGO PLAZO

Arriaga García Jaime Alonso¹, Medellín Gabriela²,
 Gracia Barrera Ashley David³ y Simarro Gonzalo⁴
¹Instituto de Ingeniería UNAM - CONACYT, II
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
³Universidad Autónoma de Baja California, UABC
⁴Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC
 jarriagag@ingen.unam.mx

El video-monitoreo costero ha permitido extender el conocimiento del comportamiento dinámico de la zona cercana a la costa por dos razones: su cobertura espacial (kilómetros) y la alta frecuencia de medición (horas). Sin embargo, la precisión de las mediciones ha sido dada por hecho debido, en parte, a la naturaleza dinámica de las fuentes de error asociadas i) a la transformación geométrica y ii) al movimiento de la cámara. Además, la falta de mediciones morfológicas in-situ a largo plazo, en conjunto con video-monitoreo, ha impedido abordar las fuentes de error de manera sistemática. En Sisal (Yucatán), el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros cuenta con un sistema de cámaras a 40m de altura que ha medido 2km de costa cada día desde el 2014. Además, en la misma área se han medido perfiles de playa con un espaciamiento de 100m cada 15 días desde el 2015. Para resolver el error de la transformación geométrica se hace un análisis de sensibilidad a la identificación de 4 puntos de control, asumiendo que puede haber un error en cada punto de más/menos 3 pixeles en la horizontal y vertical. Para resolver el movimiento de la cámara se implementan técnicas de registro de imagen y debido a la evolución de la vegetación es necesario retroalimentar la imagen fuente. La comparación de las líneas de costa extraídas de las imágenes con las medidas in-situ muestra errores estables, a lo largo de 5 años, menores a 2m (dentro del rango de la huella del píxel). Los resultados abren la posibilidad de estudiar fenómenos complejos como la formación de patrones rítmicos en la línea de costa, en las barras de arena o la respuesta/recuperación de la costa ante tormentas. Agradecemos el apoyo financiero de Cátedras CONACYT (1146), Laboratorios Nacionales CONACYT (271544) y PAPIIT DGAPA-UNAM (IN101218) y en el campo de Gonzalo Martín y Juan Alberto Gómez.

OCC-4

MODOS DE MIGRACION HACIA LA ORILLA DE LA BARRA SUBMAREAL EN UNA PLAYA CON MORFODINÁMICA ESTACIONAL

Vidal-Ruiz Jesús Adrián¹ y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia²
¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC
²Universidad Autónoma de Baja California, UABC
 ocean.vidal@gmail.com

El acoplamiento de la barra de arena submareal con la línea de costa es muy relevante desde el punto de vista de la recuperación de las playas, debido a que implica acreción de la playa subaérea. La migración de la barra de arena desde aguas profundas hacia la orilla define las transiciones morfodinámicas del estado de la playa. Wright y Short (1984) describieron seis estados morfodinámicos distintos para las playas con una sola barra en función de la energía del oleaje incidente. Este estudio demuestra que los patrones de migración de la barra submareal hacia la orilla pueden ser muy cambiantes dependiendo no solo de la variabilidad de la energía del oleaje incidente, sino también de la morfometría y ubicación de la barra respecto a la línea de costa. Utilizando cuatro años de mediciones batimétricas mensuales, este trabajo describe los modos de acoplamiento de la barra submareal con la línea de costa durante condiciones de baja energía, cuando la barra migra hacia la orilla. Los modos de comportamiento de la barra se relacionan con la energía del oleaje incidente durante los diferentes inviernos, que condicionan la distancia recorrida por la barra hacia aguas profundas. Se identifican cuatro modos distintos de migración de la barra submareal hacia la orilla durante condiciones de baja energía dependiendo de su ubicación en relación a una distancia límite transversal, de su morfometría (altura y volumen de arena) y de la energía del oleaje incidente acumulada durante el invierno previo.

OCC-5

PROCESOS HIDRODINÁMICOS VINCULADOS CON RECUPERACIÓN DE PLAYAS

Mariño Tapia Ismael¹ y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia²
¹Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Mérida, UNAM
²Universidad Autónoma de Baja California
 imarinotapia@gmail.com

Es cotidiano lidiar con situaciones en las que la erosión costera amenaza la integridad de infraestructura humana. La causa de estos procesos de erosión es múltiple, pero en general se reducen a la incapacidad humana de prever los efectos adversos de los desarrollos que se diseñan de forma inadecuada, generalmente muy cerca de la costa, obstruyendo los procesos morfodinámicos naturales de recuperación. Por otro lado, a pesar del gran esfuerzo invertido en estudiar los

procesos sedimentarios en playas, y de la capacidad desarrollada para modelar y predecir los cambios morfológicos con modelos numéricos basados en procesos; la capacidad para predecir cuándo una playa podrá recuperarse después de un evento de tormenta, o por efectos de erosión crónica, sigue siendo muy limitada. En esta contribución, analizamos los procesos de transporte sedimentario vinculados con eventos de acreción, utilizando datos morfológicos (un muestreo al día) e hidrodinámicos (velocímetros y retro-dispersión de sedimentos continuos a 16 Hz) de una playa sujeta a marcados ciclos estacionales de erosión (invierno) y acreción (verano) en Ensenada, Baja California. Dadas las condiciones de baja energía, los procesos de infra gravedad fueron de poca importancia, dominando el sesgo del oleaje incidente con menores contribuciones de la asimetría vertical. Utilizando el enfoque energético, se analizará también el papel de la turbulencia en la suspensión y transporte sedimentario, y su contribución a los procesos acreción.

OCC-6

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS DEL ESTADO DE CAMPECHE PARA LA ÉPOCA DE NORTES

Canul Turriz Román Alejandro¹, Posada Vanegas Gregorio² y Mendoza Baldwin Edgar Gerardo³

¹Facultad de Ingeniería - Universidad Autónoma de Campeche

²Instituto EPOMEX - Universidad Autónoma de Campeche

³Instituto de Ingeniería - UNAM

roacanal@uacam.mx

El análisis de la zona costera, entre otros aspectos, debe involucrar el análisis de los sedimentos que la conforman, su distribución y características; debido a que la configuración de la costa es altamente influenciada por el transporte sedimentario, siendo éste fundamental en la configuración longitudinal y transversal de la playa. Para el litoral de Campeche, se presenta en este trabajo, el análisis de muestras de sedimentos recolectadas a lo largo de 10 playas; abarcando desde el sur, en Nuevo Campechito, hasta el norte en Isla Arena; lo anterior para la época de nortes del año 2017, la más energética desde el punto de vista del oleaje, Canul (2020). En cada una de las playas se recolectaron muestras en 3 zonas, denominadas para su identificación: a) duna, que corresponde a la playa seca; b) lavado y c) sumergida, obtenida a una profundidad de entre -1 m a -1.5 m. A partir de la metodología de Folk & Ward (1957), implementada a través de Ruiz et al (2016), se obtuvieron los parámetros estadísticos de las muestras analizadas: media, asimetría, curtosis y desviación estándar; se generaron gráficos bivariados a fin de identificar la distribución del tamaño de partículas para las playas en análisis. Finalmente se realizó el análisis de la función discriminante para determinar los ambientes de sedimentación.

OCC-7

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA RESPUESTA MORFOLÓGICA DE UNA PLAYA DOMINADA POR BRISAS ANTE LA PRESENCIA DE ESTRUCTURAS COSTERAS

López Ramada Eduardo¹, Mulligan Ryan², Medellín Gabriela³ y Torres-Freyermuth Alec³

¹Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

²Queen's University

³Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

elopezra@iingen.unam.mx

Las condiciones de oleaje en la costa norte de Yucatán están dominadas por eventos de brisas marinas. A pesar de ser una costa con condiciones de baja energía de oleaje, el transporte longitudinal de sedimento es significativo. Por lo tanto, la respuesta morfológica de la playa es altamente sensible a cualquier disturbio sobre la costa. Algunas prácticas recientes para reducir la erosión de playa en la costa norte de Yucatán han consistido en la instalación de estructuras de protección de pequeña escala, como, espigones y rompeolas sumergidos. Sin embargo, su efectividad ha sido difícil de evaluar debido a la destrucción parcial de las estructuras y a la falta de programas de monitoreo. El uso de mediciones en campo es esencial para la investigación sobre el efecto de las estructuras sobre la costa, pero usualmente son costosas y la mayor parte de los programas de monitoreo no cuentan con suficiente resolución espacial y temporal. Estudios previos sugieren que los modelos numéricos son una buena alternativa para explicar los cambios hidrodinámicos y morfodinámicos, siempre y cuando cuenten con una calibración adecuada a la zona de estudio. Los estudios de modelación numérica en playas dominadas por brisas son escasos. Este trabajo utilizó mediciones de alta resolución existentes para la calibración y validación de un modelo numérico de acceso abierto (Delft3D) para el estudio la morfodinámica de la playa en presencia de estructuras de pequeña escala (espigones, rompeolas y rompeolas sumergidos). El modelo validado, se utilizó para un estudio paramétrico de la respuesta de la línea de costa ante la presencia de rompeolas con diferentes coeficientes de transmisión. Se espera que como resultado de este trabajo se cuente con una herramienta eficiente y accesible para el diseño de estructuras y sus efectos sobre costas dominadas por brisas como la costa norte de Yucatán. Agradecemos el apoyo financiero por parte de los programas de Becas de Posgrado Nacionales-CONACYT (23014), Investigación Científica Básica-CONACYT (284819), Cátedras CONACYT (1146), Laboratorios

Nacionales CONACYT (284819 y 284430) y PAPIIT DGAPA-UNAM (IN101218). Agradecemos a Gonzalo U. Martín Ruiz por proporcionar apoyo técnico en TI.

OCC-8

EFFECTOS DE UN ESPIGÓN TEMPORAL EN LA MORFODINÁMICA DE UNA PLAYA DOMINADA POR TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TRANSVERSAL

Soto Aguilar Brianda Berenice¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia² y López Castillejos Julio²

¹Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas

²Universidad Autónoma de Baja California, UABC

berenice.soto@uabc.edu.mx

Los espigones son estructuras costeras transversales a la orilla cuya función es favorecer que la playa gane anchura, sin embargo, su efecto no siempre es favorable. Por esta razón, estas estructuras han sido estudiadas por varias décadas para entender su efecto en la hidrodinámica local y en la variabilidad morfológica de las playas. En general, los efectos a largo plazo de los espigones dependerán del equilibrio en el transporte de sedimentos longitudinal, asociado al cambio en la direccionalidad del oleaje incidente. La playa de Ensenada (Baja California) presenta una morfodinámica estacional, y ha mostrado tener buena capacidad de recuperación después de periodos de alta energía del oleaje. Su transporte de sedimentos es predominantemente transversal. Esta investigación tiene como objetivo determinar los cambios morfológicos generados por un espigón temporal de ~300m de longitud, que se mantuvo en la playa por 2.5 años. Para ello, se hará uso de mediciones morfológicas (topografías y batimetrías) mensuales de agosto de 2015 a agosto de 2018, y datos de oleaje horarios obtenidos con un perfilador acústico de corrientes tipo Doppler (ADCP) instalado a 20 m de profundidad. Se determinará la variabilidad volumétrica a ambos lados del espigón durante periodos de diferentes características del oleaje incidente, con la finalidad de determinar las condiciones que favorecen la acreción/erosión en ambos lados de la estructura. Finalmente se investigará la recuperación de la playa una vez retirada la estructura.

OCC-9

MODELADO NUMÉRICO DE LA INTERACCIÓN DEL OLEAJE CON ROMPEOLAS PERMEABLES

Covarrubias Contreras B. Rodrigo, Torres-Freyermuth Alec,

Rendón Valdez Camilo y Appendini Albrechtsen Christian M.

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

bcovarrubiasc@iingen.unam.mx

Los rompeolas permeables se han propuesto como una alternativa que permite proporcionar protección de la costa con un menor impacto en el medio ambiente costero. Específicamente, evitando cambios drásticos en la geomorfología de las playas y las condiciones físico-químicas del agua que regulan la ecología. Los tetrápodos y los cubos son elementos a menudo empleados como revestimiento para rompeolas. Sin embargo, pocos estudios se han dedicado a investigar la funcionalidad de rompeolas permeables hechos únicamente de estos elementos. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la funcionalidad (coeficiente de reflexión, transmisión y disipación) de rompeolas permeables en función del tipo de elemento, la geometría de la estructura, oleaje y profundidad. Para ello, se utilizó un modelo numérico basado en las ecuaciones de Navier-Stokes con el promediado de Reynolds que utiliza un modelo de turbulencia. El modelo fue calibrado y validado con ensayos de laboratorio realizados en el canal de oleaje del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. El modelo reproduce correctamente la transformación del oleaje antes, durante, y posterior a la rotura para los casos de rompeolas de cubos y tetrápodos. El modelo validado es utilizado para realizar un estudio paramétrico que proporcione información sobre la funcionalidad de este tipo de estructuras. Agradecemos el apoyo del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

OCC-10

ESTUDIO DE LA FORMACIÓN Y DINÁMICA DE CORRIENTES DE RETORNO EN UNA PLAYA INTERMEDIA EXPUESTA A OLEAJE LEJANO A TRAVÉS DE MEDICIONES CON DRON

Gracia Barrera Ashley David¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia¹,

Kono-Martínez Tadashi¹ y Arriaga García Jaime Alonso²

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional Autónoma de México, CONACYT-UNAM

adgbzcg@gmail.com

Las corrientes de retorno son intensos y estrechos flujos de agua dirigidos hacia el mar, que se originan en la zona de rompientes del oleaje, y la atraviesan alcanzando aguas más profundas. Reportes de salvavidas de Estados Unidos y Australia indican que las corrientes de retorno son la principal causa de ahogamientos en playas, sin embargo, mucha gente no sabe identificarlas y existe un desconocimiento general sobre su formación. En México existe muy poca información acerca de estas corrientes, aun cuando su formación es común en costas expuestas a

oleaje lejano, como es el caso de las costas del Pacífico. Este trabajo analiza la dinámica de las corrientes de retorno a lo largo de 1 km de la playa la Misión, en Baja California, conocida localmente por ser un sitio donde ocurren constantes ahogamientos. Por un lado se analiza la variabilidad morfológica de la playa analizando mediciones topo- batimétricas colectadas entre 2016 y 2019, que se relaciona con las condiciones del oleaje incidente. Observando los patrones de rotura del oleaje es posible identificar la formación de canales y corrientes de retorno asociadas. A partir de videos obtenidos con dron entre marzo de 2017 y diciembre de 2019, se generaron imágenes georrectificadas de exposición temporal (TIMEX) que fueron clasificadas para extraer rasgos de la forma de los canales y evaluar la presencia, ubicación y forma de las corrientes de retorno, y el distanciamiento entre ellas. Además, se evaluó la utilidad de usar videos promediados y optical flow para obtener mediciones de la magnitud y dirección de las corrientes. Los resultados muestran una clara estacionalidad en la formación de los canales y variabilidad interanual que depende de las condiciones morfológicas precedentes y de la energía del oleaje. Durante el invierno, esta sección de la playa se vuelve más disipativa, formándose una barra intersectada por algunos de los canales que rápidamente aumentaron su tamaño. Estos grandes canales se mantienen durante primavera cambiando de forma. Durante el verano, los canales reducen su tamaño, tendiendo a desaparecer a principios del otoño o formando pequeños canales asociados a terrazas de marea baja. Estos resultados comprenden información útil para identificar las zonas y épocas de mayor riesgo asociado a la presencia de corrientes de retorno.

OCC-11

SARGASSUM EVENTS AT PUERTO MORELOS

Montoya Leonardo¹, Rutten Jantien¹, Arriaga García Jaime Alonso¹, Escalante Edgar² y Appendini Albrechtsen Christian M.¹

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
lmontoyas@ingen.unam.mx

Pelagic Sargassum has been arriving in extraordinary large volumes at the Mexican Caribbean beaches since 2014 where it negatively affects the ecosystem, tourism, fishery and human health. Recent work demonstrated that the Sargassum originates from a newly established source region in the tropic Atlantic wherefrom it gets exported to the Caribbean Sea under the influence of ocean currents and wind. However, the physical mechanism that governs the nearshore drifting behaviour, including Sargassum beaching, is unknown. We present the temporal variability in Sargassum beaching events at the reef-lined coast of Puerto Morelos for a 5-yr period (2015-present) and relate beaching events to meteorological and hydrodynamic conditions. Sargassum surface area was extracted from hourly images collected by a land-based video monitoring system. Results show annual and interannual variability in Sargassum beaching events with 2018 being the peak year. Images show that Sargassum is present throughout almost the entire study period, suggesting that removal through natural forces (waves, currents) might be limited. More detailed insight in beaching events, including arrival and removal, will be presented at the conference. We acknowledge the financial support by DGAPA-UNAM postdoctoral scholarship, PAPIIT DGAPA-UNAM (TA100420), CONACYT (1146), Laboratorios Nacionales CONACYT (271544) and the technical support by Gonzalo Martín and Miguel Ángel Gómez Reali.

OCC-12

PROBABILIDAD DE ARRIBO DE HIDROCARBUROS A LA ZONA COSTERA DEL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO PROVENIENTES DE UN DERRAME EN AGUAS PROFUNDAS

García Nava Héctor, Andrade Canto Fernando y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
hector.gnava@uabc.edu.mx

La región Noroeste del Golfo de México es una de las zonas más activas de extracción de hidrocarburos del Golfo de México y una de las regiones en las que se proyecta un fuerte incremento de la extracción en aguas profundas en el futuro próximo, lo que conlleva un alto riesgo de la ocurrencia de un derrame en la región. Este trabajo se enfoca en determinar las regiones de la costa del NOGoM donde es más probable el arribo de hidrocarburos provenientes de un derrame en aguas profundas. Para determinar la probabilidad de arribo de hidrocarburos a la costa se realizaron simulaciones numéricas de las corrientes con el modelo ROMS del año 1996 al 2016 en la región y se simuló un derrame en 3 sitios de interés de PEMEX, en los cuales se pretenden instalar plataformas petroleras en el futuro. Para cada derrame simulado se realizaron tres ejercicios de advección variando el grado de arrastre inducido de forma directa por el viento. Uno de los rasgos característicos de la circulación en el NOGoM es la presencia de una corriente anticiclónica de frontera. La probabilidad de arribo a la costa está muy relacionada con las características y variabilidad de esta corriente. En general hay una mayor probabilidad de arribo a la costa sur de Texas, seguida de la costa Texas-Luisiana y una menor probabilidad de arribo a la costa de Tamaulipas. El mayor porcentaje de arribo ocurre en las costas sur de Texas entre los 26 y 29°N, con un máximo alrededor de los 28°N, frente a Corpus Christi, TX. El arrastre directo del viento ocasiona un mayor intercambio de partículas de la zona profunda a la somera y un mayor arribo a la zona costera.

La probabilidad de arribo a la zona costera presenta una estacionalidad en tres temporadas: invierno, primavera-verano y otoño. Durante el invierno, la corriente de frontera es menos intensa y la corriente sobre la plataforma interna fluye hacia el sur, lo que favorece que la mayor probabilidad de arribo ocurra en la costa sur de Texas y en menor grado en la costa de Texas-Luisiana. En contraste, en el periodo de primavera-verano la corriente de frontera está bien definida y la circulación en la plataforma interna es hacia el norte por lo que el mayor porcentaje de arribo ocurre en la región de Texas-Luisiana. En el otoño la corriente de frontera está muy poco definida permitiendo el paso de partículas a la zona costera de Tamaulipas aunque el mayor porcentaje de arribo ocurre en la costa sur de Texas.

OCC-13 PLÁTICA INVITADA

ONDAS INTERNAS EN MARES COSTEROS MEXICANOS

Filonov Anatolij¹ y Novotryasov Vadim²

¹Universidad de Guadalajara, UdeG

²V.I.I.ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russia
afilonov@prodigy.net.mx

The spectral model for nonlinear internal gravity waves on an ocean shelf horizontally and in homogeneously smoothed is developed. It is shown that overtones of a carrier frequency are generated as a result of self-influence in the wave field, and this produces a fall-off rate of the spectrum universal as an exponential asymptotic value equal to for the high-frequency band (). A comparison of the theoretical results with those from natural measurements for an internal tide waves field on the Japan/East Sea Shelf and the Mexican Pacific Shelf is done.

OCC-14

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL OLEAJE GENERADO POR CICLONES TROPICALES EN MARES MEXICANOS

Appendini Albrechtsen Christian M.¹, Ruiz Salcines Pablo¹, Ramírez Manguilar Ana¹ y Meza Padilla Rafael²
¹Instituto de Ingeniería, UNAM
²DHI A/S
cappendinia@ingen.unam.mx

Este trabajo es una actualización de los trabajos anteriores para caracterizar el oleaje extremo en el Golfo de México utilizando ciclones tropicales sintéticos, presentando resultados también para el Pacífico mexicano. En los trabajos anteriores del grupo de trabajo se determinó que el clima futuro de oleaje generado por ciclones tropicales derivará en oleaje de mayor altura en ciertas zonas del Golfo de México. Dichas estimaciones tienen serias implicaciones para el diseño de estructuras offshore, ya que el utilizar el oleaje actual para el diseño puede aumentar las probabilidades de fallo de las estructuras, mostrando la importancia de utilizar climas de oleaje no estacionarios para el diseño. No obstante, las estimaciones anteriores se realizaron solamente utilizando eventos sintéticos derivados de dos modelos de circulación general del CMIP5 bajo el escenario RCP 8.5, el CM3 de la NOAA/GFDL y el HADGEM2-ES CM3 del UK Met Office. Como resultado de solo utilizar los eventos derivados de dos modelos, la incertidumbre es muy grande, ya que incluso hay zonas donde las tendencias de cada modelo son en direcciones opuestas. De esta manera, hemos realizado una actualización del estudio para incluir un total de seis modelos del CMIP5 bajo el escenario RCP 8.5, incluyendo los dos modelos anteriores, así como el CM5A del Institut Pierre Simon Laplace, MIROC5 del Japan Agency for Marine-Earth Science, el MPI-ESM-MR del Max Plank Institute y el CCSM del National Center for Atmospheric Research. Asimismo, se presentan también resultados para el Pacífico Mexicano, utilizando la misma metodología.

OCC-15

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DEL LITORAL MEDITERRÁNEO

Vidal Muñiz Diana Gabriela
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP
dgvnm64.38@gmail.com

La zona costera es un sistema altamente dinámico por encontrarse sometida constantemente tanto a procesos naturales como a la intervención antropogénica. El Mediterráneo es un ejemplo de una zona en donde confluyen sistemas socioeconómicos y de gran importancia ecológica, así mismo, se concentra un gran número de la población, con más de la mitad de habitantes residiendo en las costas. Actualmente, una de las principales amenazas que enfrenta la sociedad es al cambio climático asociándose con perturbaciones como las fluctuaciones en el clima y el aumento del nivel del mar, teniendo por consecuencia, una amplificación en la actividad del oleaje, la intensidad de los temporales, la frecuencia de eventos de inundación, etc. En vista de que el mediterráneo constituye una zona de especial atractivo para el asentamiento de la población es necesario conocer la susceptibilidad ante los peligros. Una de las herramientas más utilizadas para demostrar la susceptibilidad espacial a un fenómeno es el índice de vulnerabilidad costera. En el presente estudio se evaluó la vulnerabilidad de todo el Mediterráneo utilizando una base de datos homogénea y el índice CVI que fue adaptado a las

especificidades del Mediterráneo, así mismo se analizaron dos diferentes métodos de agregación (geométrico y aritmético) para evaluar el índice integrado en el litoral del mediterráneo. Los métodos propuestos fueron aplicados a 48035 Km a lo largo de la costa del Mediterráneo para distintos escenarios temporales. Se obtuvo que la cuenca puede clasificarse como 13.60 % altamente susceptible, siendo la parte oriental la más vulnerable. En cuanto a países los más vulnerables se encontró a Bosnia, Gibraltar, Israel y Malta., con más de 60% de su costa en categorías altas, al igual se consideró que para las condiciones analizadas la integración aritmética resultó ser la más adecuada.

OCC-16

SOBRE EL USO DE CICLONES TROPICALES SINTÉTICOS Y EVENTOS HIPOTÉTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE MAREAS DE TORMENTA BAJO EL CAMBIO CLIMÁTICO

Ruiz Salcines Pablo, Appendini Albrechtsen Christian M.,
Salles Afonso de Almeida Paulo y Rey Sánchez Wilmer
Instituto de Ingeniería, UNAM
pablo.ruiz.salcines@gmail.com

La marea de tormenta es uno de los mayores peligros asociados con los ciclones tropicales (CT) en las zonas costeras. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (AR5, 2013) declara que el calentamiento del sistema es "inequívoco" y, sin embargo, "hay poca confianza en las proyecciones de tormentas específicas de la región" y, por lo tanto, la marea de tormenta asociada. La evaluación de la probabilidad de ocurrencia de tormentas e inundaciones asociadas bajo el cambio climático y su aplicación a casos específicos, es una prioridad para la planificación costera y la prevención de desastres. Sin embargo, los actuales métodos para estimar la probabilidad de distribución de mareas de tormenta e inundación asociada bajo escenarios de climas futuros proyectados requieren el modelado numérico de una gran cantidad de eventos. Por otro lado la descripción con precisión de áreas inundadas a nivel local requiere una alta resolución lo que conlleva un costo computacional generalmente excesivo para proyectos ingenieriles y estudios locales. Esto conlleva finalmente al uso de metodologías aproximadas que pueden conllevar una sobreestimación excesiva de las áreas propensas a la inundación a nivel local. Este estudio presenta un nuevo enfoque para evaluar el peligro de inundación por marea de tormenta de CT bajo climas proyectados, mediante el cálculo directo de los niveles de inundación local utilizando un número limitado de eventos con una probabilidad de ocurrencia asociada. El método se basa en la generación del escenario más desfavorable de inundación asociado con una probabilidad de ocurrencia conocida de la intensidad de viento de los CT. El empleo de CT sintéticos derivados de Modelos de Circulación Global permite caracterizar la intensidad del viento de CT bajo climas presentes y futuros para períodos de retorno específicos y determinar los parámetros clave de los CT asociados a esta. A partir de estos parámetros se generan un nuevo conjunto de eventos sintéticos (eventos hipotéticos), los cuales representan las posibles direcciones con las que un CT puede arribar a la zona de estudio, para forzar un modelo hidrodinámico para obtener la marea de tormenta y generar el escenario más desfavorable de inundación basado en las envolventes de máximos de niveles agua. Utilizando esos resultados, es posible obtener mapas de peligro de inundación. El método es aplicado en la localidad de Manzanillo, Colima, México, para obtener mapas de riesgo de inundación a nivel de manzana urbana basados en la combinación de mapas de peligro de inundación y vulnerabilidad socioeconómica. El método permite el cálculo de áreas de peligro de inundación por tormentas bajo períodos de retorno conocidos para proporcionar información a los tomadores de decisiones sobre estrategias de gestión de riesgos de inundación, comunicación de riesgos, planificación del uso del suelo, desarrollo urbano, resiliencia a inundación, etc. cuando no se cuenta con una alta capacidad computacional para simular grandes conjuntos de eventos.

OCC-17

VARIABILIDAD DE LAS CORRIENTES COSTERAS ASOCIADA A EVENTOS DE NORTES EN EL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Romero Arteaga Angélica María y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia
Universidad Autónoma de Baja California
a.romeroart@uabc.edu.mx

Los Nortes son frentes fríos sinópticos que inducen cambios en la direccionalidad de las corrientes costeras. Con el fin de estudiar a detalle el efecto de diferentes tipos de Nortes en la estructura vertical de las corrientes, se instaló una línea de anclajes de perfiladores acústicos de corrientes tipo Doppler (ADCP) desde Port Aransas hasta South Padre Island al sur de Texas (E.E.U.U.). Este trabajo presentará la variabilidad de las corrientes costeras en el anclaje de Port Aransas, durante el periodo de noviembre 2016 a octubre de 2018. Durante este periodo se identificaron 38 Nortes, que en promedio generaron corrientes intensas hacia el sur, excediendo 0.5 ms⁻¹, y asociadas al esfuerzo meridional del viento > 0.1 Nm⁻². Los Norte son definidos como vientos provenientes del norte (300° a 30°) con velocidades máximas sostenidas superiores a 5 ms⁻¹ durante al menos 15 h y asociados a una diferencia de presión atmosférica superior a 6 hPa entre Cozumel y Iowa. Mediante un análisis de escalamiento multidimensional utilizando la duración del frente, duración de los vientos máximos sostenidos y las diferencias de presión, se realizó una clasificación histórica de los Nortes identificados entre 1984 y 2018 en tres distintos grupos.

El grupo I es poco frecuente (0.4%) corresponde con Nortes de larga duración (secuencia de eventos) de 22 días en promedio con 14 días de vientos máximos sostenidos y asociados a altas diferencias de presión de 26 hPa. El grupo II de 6.5 % de ocurrencia corresponde con Nortes de mediana duración de 11 días de duración promedio, vientos máximos sostenidos de 8 días y diferencias de presión de 25 hPa. El grupo III corresponde con los Nortes más frecuentes (93%) y de corta duración de 3 días en promedio, con vientos máximos sostenidos de 2 días y diferencias de presión de 14 hPa. Los Nortes identificados durante los 2 años de estudio correspondieron con el grupo II (5.3%) y el grupo III (94.7%). Este trabajo mostrará el efecto de los diferentes tipos de Nortes en la estructura de las corrientes costeras.

OCC-18

INFLUENCIA DE VIENTOS SANTA ANA EN LA CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DE BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

Navarro Olache Luis F.¹, Durazo Arvisu Reginaldo²,
Hernández Walls Rafael² y Castro Valdez Ruben²

¹Universidad Autónoma de Baja California, IIO

²Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas
lufena@uabc.edu.mx

En este trabajo se estudia la circulación superficial de la Bahía de Todos Santos, Baja California influenciada por vientos secos y cálidos del este y noreste de Baja California, conocidos como vientos Santa Ana (Saw). Los datos presentan el campo de corrientes superficiales y los datos del viento medidos durante los períodos más extremos de actividad (temporada otoño-invierno). Las corrientes de la superficie del mar se midieron utilizando un sistema de estaciones de radar de alta frecuencia entre 2009 y 2015 y representaron una circulación ciclónica invernal de bajas velocidades en la superficie. Las variables atmosféricas permitieron distinguir un número de ~122 eventos SAW, de distintas intensidades y duraciones de los cuales el 22% influyeron causando un cambio en la circulación de las aguas superficiales de la bahía. Los patrones de corriente media durante los eventos, mostraron respuestas diferentes a los vientos activos, con algunos eventos SAW que conducen corrientes marinas débiles, otros que desarrollaron una circulación de dos remolinos dentro de la bahía, y otro bastante intenso (8-10 ms⁻¹) que desarrolló una circulación en el sentido de las agujas del reloj. En general, los cambios en la circulación se relacionaron con un transporte de aguas superficiales hacia el mar abierto.

OCC-19

ESTRUCTURA TRANSVERSAL DE LOS FLUJOS MARÉALES Y DE INTERCAMBIO EN UN FIORDO GLACIAL MAGALLÁNICO

Gastelu Barcena María Fernanda¹, Valle-Levinson Arnoldo¹ y Blanco José Luis²

¹University of Florida, UF

²NASA Wallops Flight Facility
gastelub@ciencias.unam.mx

Las grandes pérdidas de masa glaciar en los últimos años han detonado un particular interés en el estudio de fiordos glaciales. Esto se debe a que el volumen de agua dulce derivado del derretimiento de los glaciares es uno de los principales contribuyentes al aumento global del nivel del mar. Así mismo, el aumento de la tasa de derretimiento submarino en los glaciares con frente marino ha mostrado estar relacionado con la entrada de calor proveniente del mar a través de fiordos. Debido a las escasas investigaciones realizadas en fiordos glaciales, su dinámica y estructura transversal son poco conocidas. El objetivo de esta investigación fue describir la estructura y variabilidad espacial y mareal de las corrientes en el fiordo Seno Ballena, Chile. Para ello se utilizaron datos de dos transectos de ADGP remolcado realizados en un ciclo mareal en diciembre de 2003. Como resultados se obtuvieron secciones transversales de velocidad residual (promedio mareal) que permiten observar la influencia en una entrada sub-superficial de agua proveniente del mar, así como la salida de agua en una capa superficial de escasos 5-6 m de espesor, debida al derretimiento del frente glaciar. Los flujos además muestran una estructura transversal con cizallas laterales debidos a Coriolis o a la curvatura del fiordo.

OCC-20

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA LAGUNA DE JULUAPAN Y LA BAHÍA DE SANTIAGO, COLIMA, MEDIANTE LA REDISTRIBUCIÓN DE TRES TIPOS DE TRAZADORES

Reynoso Fregoso Santiago¹, Velázquez Muñoz Federico Ángel¹ y Verduzco Zapata Manuel Gerardo²

¹Universidad de Guadalajara

²Universidad de Colima

santiago.reynoso@alumnos.udg.mx

Se presentan los resultados de un estudio sobre la interacción de la bahía de Santiago en Colima y la laguna de Juluapan, que se encuentra en el lado oeste y tiene gran importancia ecológica y económica para la región de Manzanillo. Utilizamos el modelo numérico POM (Princeton Ocean Model), que es un modelo tridimensional, con superficie libre, hidrostático, de coordenadas sigma, en el cual acoplamos un modelo de transporte de sedimento, el transporte de partículas libres y un trazador disuelto. Analizamos el comportamiento de tres tipos de trazadores, los cuales se caracterizan como una sustancia disuelta, sedimento (limo) y partículas de deriva. Se encontró que si bien el forzamiento principal en el intercambio de trazadores de la laguna a la bahía es la marea, la zona norte de la laguna (la de mayor extensión) responde primordialmente al forzamiento de viento, ya que la energía de la marea se disipa antes de alcanzar esa zona. Realizando series de tiempo de la cantidad de energía turbulenta se observó una señal que responde al viento en la zona norte y principalmente a la marea en zonas cercanas a la boca de la laguna. Mediante el análisis de los resultados del modelo se identificaron sectores de intercambio de sedimento, el cual, dada la morfología se acumula en zonas específicas las cuales son propensas al azolve. En cuanto a la bahía se observó la circulación influenciada principalmente por el viento y que es un factor primordial en la trayectoria de las partículas, el sedimento y la sustancia, ya que sin este aporte el tiempo de residencia en las inmediaciones de la boca de la laguna crece considerablemente, además de su saturación.

OCC-21

INTRUSIÓN DE AGUA SALADA HACIA EL ACUÍFERO A TRAVÉS DE UN OJO DE AGUA EN LA LAGUNA LA CARBONERA, YUCATÁN

Malagón Pimentel Xani y Enríquez Ortiz Cecilia
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
xanimalagon@gmail.com

El estudio de intrusiones salinas hacia acuíferos, además del interés científico que despierta, es importante por la utilidad en el manejo y mantenimiento de reservas de agua dulce. En la península de Yucatán, las aguas subterráneas cubren actualmente el suministro de agua potable de la población. Sin embargo, la extracción intensiva de agua subterránea y el aumento del nivel del agua de mar, ha llevado a problemas serios de intrusión marina hacia los acuíferos. La península de Yucatán posee un subsuelo kárstico donde existen flujos de agua dulce relevantes, evidenciados principalmente por la presencia de cavernas marinas y cenotes. En la laguna la Carbonera, situada en esa península, hay una afluencia importante de agua dulce a través de un ojo de agua en la región suoriental. Mediciones en tres diferentes puntos de la laguna: Boca de la laguna, Islote y Ojo de agua, de septiembre de 2014 a agosto de 2015. Para tener información de las variaciones debidas a las mareas, se realizaron campañas cortas intensivas durante ciclos de marea en abril, junio y noviembre de 2018 y febrero de 2019. Durante estas campañas intensivas, además de la instalación de CTD's anclados, se instaló un corrientímetro ADCP cerca del ojo de agua. Los resultados revelan que la salinidad y temperatura en el ojo de agua permanecen cercanamente constantes a lo largo del año continuo de muestreo, excepto durante algunos eventos en los que el valor de la salinidad experimentó incrementos súbitos y de corta duración. En los eventos de incremento de salinidad que ocurrieron en invierno, también se registró una disminución de la temperatura, debido a que en esa temporada el agua de la laguna es más fría que la del acuífero. En los eventos de verano, el incremento de la salinidad es acompañado de un aumento de la temperatura, cuando la temperatura de la laguna es mayor a la del acuífero. Los registros de nivel del agua indican que los incrementos de la salinidad, siempre ocurrieron cuando el nivel en el ojo de agua alcanzó el valor mínimo, es decir, durante la bajamar pero exclusivamente bajo condiciones de mareas vivas. Estos resultados y los obtenidos en las campañas intensivas con el ADCP, indican que durante esos momentos se presenta una inversión en el flujo de salida del ojo, dando lugar a la intrusión de agua de la laguna. Se observó que las intrusiones no ocurren en todas las mareas vivas y que en algunos de los eventos la columna de agua se estratifica. En esta investigación se presentan las observaciones que muestran los eventos de intrusión de agua salina hacia el ojo de agua y su relación con variables atmosféricas y marinas.

OCC-22

OBTENCIÓN DEL POTENCIAL OCEÁNICO Y ATMOSFÉRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS BOCAS DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS

Sánchez Rucobo y Huerdo César Bernardo¹, Appendini Albrechtsen Christian M.¹, Allende Arandía María Eugenia¹ y Contreras Ruiz Esparza Adolfo²

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

²CONACYT

bloony@yahoo.com

El recurso limitado de energéticos fósiles y su contribución al cambio climático han motivado la transición energética hacia las energías renovables. De acuerdo con la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) el consumo de energía, incluyendo el transporte, es en la actualidad la principal fuente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global. En una era llamada "Sustentable", se ha impulsado el desarrollo e inclusión de tecnologías para generar energía "limpia" o renovable que cumpla con la demanda energética y disminuya las emisiones de los GEI. En el uso de energías renovables, los sistemas híbridos permiten aprovechar mejor los recursos en una zona particular. Así, en este proyecto se evalúan distintas fuentes de energía renovable para la región de Ciudad del Carmen, México. Entre estas fuentes de energía están las energías mareomotriz, eólica y fotovoltaica, que se evalúan con el objetivo de poder ser aprovechadas en un sistema híbrido en los puentes sobre la boca de Puerto Real. Para caracterizar los recursos energéticos aprovechables, producidos por las 3 fuentes renovables se emplearon resultados de simulaciones de modelos matemáticos. Para evaluar el recurso eólico y fotovoltaico se empleó el modelo WRF, mientras que para caracterizar las corrientes de marea se utilizaron simulaciones del modelo MARS3D. Con las series de datos se obtuvieron series de promedios diarios, diarios y mensuales para caracterizar el recurso en diferentes temporalidades, y en el caso de las corrientes de marea a diferentes profundidades, para encontrar la profundidad ideal para el emplazamiento de turbinas. Se obtuvo el potencial aprovechable con el emplazamiento de 3 aerogeneradores por boca, lo que da pie para poder proyectar el montaje de un parque eólico onshore/offshore. Para el potencial fotovoltaico también se obtuvieron resultados óptimos y viables para montar celdas principalmente en el puente vehicular en desuso en la boca de Puerto Real (PR). El análisis de las corrientes de marea demuestra que el viento sobresale de la marea como principal forzante de estas corrientes. A pesar de que existen diversos estudios de la hidrodinámica en la laguna, y que presentan la influencia de la marea en esta, la intensidad de la velocidad de las corrientes es de baja a media en términos de generación energética. Sin embargo, tiene la ventaja de que presenta una producción estable y constante ya que se tiene el efecto de flujo y reflujo. El sistema propuesto puede conectarse a la red eléctrica y contribuir al suministro de la región

OCC-23

CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO MARINO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

García Caballero Estefanía y Appendini Albrechtsen Christian M.
Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM
estefaniagcaballero2394@gmail.com

En el contexto energético actual, los recursos renovables han tomado fuerza y se han posicionado como la vía más importante para vivir una revolución energética. La reducción en la disponibilidad de combustibles fósiles y su impacto negativo en el medio ambiente ha llevado a repensar las estrategias para cubrir el aumento de la demanda mundial de energía. En países como Dinamarca, Países Bajos y Alemania, se espera que, en un corto plazo, la energía eólica satisfaga la mayor parte de su consumo energético. En estos países, los campos eólicos se encuentran en su mayoría costa afuera (offshore, en inglés), debido a un potencial energético mayor, y a normas medioambientales. En México, la península de Yucatán tiene actualmente varios proyectos de campos eólicos en tierra; sin embargo, existen problemas medioambientales y sociales que ponen en riesgo a estos proyectos. Como alternativa, los parques eólicos marinos presentan diversas ventajas como lo es el mayor aprovechamiento del potencial eólico en comparación con la zona terrestre. En este trabajo presentamos las características del campo de viento terrestre y marino con datos del modelo WRF para un periodo del 2005 al 2016. Los datos obtenidos del modelo fueron validados con mediciones del viento proporcionadas por estaciones meteorológicas automáticas en el área terrestre y marina, propiedad del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Secretaría de Marina (SEMAR). Analizamos el potencial eólico en ambas áreas y presentamos una comparación preliminar entre los principales parques eólicos en Europa y Estados Unidos de América, para estimar la competitividad de Yucatán frente a los pioneros en energía eólica. La zona de mayor potencial en la zona marina se delimitó y se propuso un parque eólico marino, para luego realizar una aproximación del potencial que podría generarse. Una vez que se determinó el potencial eólico, comparamos los parques eólicos marinos más importantes del mundo, los parques terrestres en México y el propuesto para este proyecto. Los resultados muestran que la costa de Yucatán tiene un potencial eólico dentro de un rango ideal para alcanzar un nivel de potencia máximo, además ofrece diversas ventajas como una plataforma poco profunda y condiciones de oleaje favorable para temas de mantenimiento.

OCC-24

CARACTERÍSTICAS TERMOHALINAS EN ENERO DE LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S.

Obeso-Nieblas Maclovio¹, Gaviño-Rodríguez Juan Heberto² y Jiménez-Illescas Angel Rafael¹¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, CICIMAR - IPN²Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima
mniebla@ipn.mx

Se describe el comportamiento termohalino en la ensenada, durante enero de 2018 (invierno) en condiciones de una (Niña-débil). La estructura vertical de la temperatura muestra una columna completamente mezclada con los valores máximos en la boca, mientras que los valores mínimos se registraron en la cabecera, la temperatura disminuye desde la boca (21.91 °C) hacia la cabecera (19.03 °C). La distribución vertical de la salinidad se puede apreciar totalmente mezclada con los valores máximos en la cabecera, entre tanto los valores mínimos se obtuvieron en la zona de la boca y el canal principal. Superficialmente la salinidad se incrementa desde la boca (35.39 gkg⁻¹) hacia la cabecera (36.92 gkg⁻¹). La ensenada se pudo apreciar más densa en la cabecera y menos densa en la boca, mezclada por entero la columna de agua y superficialmente el valor máximo se localizó en la cabecera (26.06 unidades de sigma-t), con una disminución gradual hacia la boca con un valor mínimo de (24.54 unidades de sigma-t). En este cuerpo de agua el comportamiento de la densidad responde al efecto combinado de la temperatura y la salinidad, dado que en la cabecera se registró una mayor salinidad y una menor temperatura, lo que dio origen a una mayor densidad. La ensenada según la estructura de salinidad y densidad se puede separar claramente en dos grandes regiones: la boca con la zona del canal principal (comunicación con la Bahía de La Paz) y la cabecera con una amplia zona de inundación muy somera. Se muestra también un gradiente superficial importante en temperatura, salinidad y densidad entre la cabecera y el canal principal (estaciones E10 a E17). Las características termohalinas de la ensenada responden a la influencia de la Bahía de La Paz y a las condiciones locales (vientos, mareas, radiación solar y morfología).

OCC-25

EXTRACCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA USANDO IMÁGENES SATELITALES SENTINEL 3: USOS Y ALCANCES

Varela Helena

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
helenavarela@cicese.edu.mx

El satélite Sentinel-3 de la Agencia Espacial Europea proporciona datos con fines de monitoreo terrestre y oceánico. Los datos del Instrumento de color del océano y la tierra (OLCI) de Sentinel-3 se utilizan en gran medida para monitorear las aguas costeras y marinas, este instrumento cuenta con una resolución espacial de 300 metros, una resolución temporal de 2-3 días y contiene 21 bandas. El objetivo de este proyecto es contribuir con una metodología que se pueda emplear en diferentes áreas de interés. Se compararon dos zonas costeras de México para obtener las propiedades ópticas de concentración de clorofila utilizando el procesador Case-2 Regional CoastColour (C2RCC) en la plataforma de aplicaciones Sentinel (SNAP). Zona 1: la bahía de Chetumal; es un cuerpo semi-cerrado de agua salobre ubicada al Sur del estado de Quintana Roo, con 1400 km² correspondientes a México y 1200 km² a Belice, además, es la cuenca receptora de varios tributarios de agua dulce entre los que destaca el río Hondo. Zona 2; la bahía de La Paz, Baja California Sur, constituye el cuerpo de agua más extenso en la costa oriental de la península de Baja California, está situada en la región suroeste del Golfo de California entre los paralelos 24°45' y 24°15' norte, y los meridianos 110° 15' y 110°45' oeste.

OCC-26

ISÓTOPOS ESTABLES DE NITRÓGENO EN OCTOCORALES COMO UN INDICADOR DEL DECLINE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DE CUBA

Rey Villiers Néstor¹, Sánchez Alberto¹ y González-Díaz Patricia²¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR-IPN²Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana
nestorvilliers@gmail.com

La eutrofización es una de las causas del deterioro de los arrecifes a nivel mundial, y en la región noroccidental de Cuba existen varias cuencas fluviales que descargan aguas residuales a la zona costera. El objetivo de la investigación es determinar si estas descargas llegan a los arrecifes frontales a partir del #15N en el tejido de los octocorales Eunicea flexuosa y Plexaura kükenthali y la concentración de variables microbiológicas y físico-químicas. Se seleccionaron 13 arrecifes a 10 m de profundidad cercanos a cuencas fluviales, y alejados del desarrollo urbano e industrial de La Habana. Se colectaron ramas terminales en 10 colonias de ambas especies, se cuantificó la concentración de nutrientes y microorganismos en muestras de agua y se determinó la visibilidad horizontal en el agua (Vis). El #15N de E. flexuosa varió de 1.5 a 6.3 ‰ y en P. kükenthali de 1.7 a 6.7 ‰. El tejido de ambas especies estuvo significativamente enriquecido en 15N en los arrecifes cercanos a las cuencas fluviales en comparación con los arrecifes alejados de la contaminación

por actividades antropogénicas. El #15N de ambas especies mostró una correlación positiva y significativa con la concentración de bacterias coliformes fecales y totales, bacterias heterótrofas y NH₄⁺, y una correlación negativa y significativa con la Vis. El #15N de ambas especies y las variables microbiológicas y físico-químicas evidenciaron el decline de la calidad del agua debido a las descargas de aguas residuales en los arrecifes cercanos a las cuencas fluviales. Los arrecifes alejados a las cuencas fluviales y al desarrollo urbano e industrial de La Habana presentaron buena calidad en el agua.

OCC-27

FLUJOS DE NITRÓGENO INORGÁNICO DISUELTO Y FÓSFORO TOTAL A TRAVÉS DE UNA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL CARIBE MEXICANO

Camacho Karla¹, Ortiz-Hernández Ma. Concepción², Carrillo Laura³, Sánchez Alberto¹ y Sánchez Levita¹¹Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN-CICIMAR²El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal Quintana Roo³Instituto Tecnológico de Chetumal
kria_2307@hotmail.com

Durante los últimos años el sureste del Caribe Mexicano ha estado bajo una gran presión antrópica. Y debido a la conectividad entre sistemas terrestres y costeros, la calidad del agua se ha ido deteriorando. En vista de lo anterior, surge la necesidad de conocer el flujo de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) y fósforo total (PT) asociados a las descargas de aguas subterráneas (DAS) y su distribución en la región costera. El área de estudio, el cenote Manatí y la laguna arrecifal adyacente, en el Caribe mexicano, han sido monitoreados sistemáticamente durante noviembre del 2019 y enero del 2020, tomando datos físicos y químicos de la columna de agua. Las concentraciones promedio que caracterizaron el agua del cenote para esas temporadas fueron de 58.6 μM NID, 1.16 μM PT y 87.1 μM de Si, y 18.9 μM NID, 1 μM PT y 20.9 μM Si para la laguna arrecifal. La distribución del NID y PT en la laguna arrecifal se vieron influenciadas por el curso de la pluma de agua salobre, que siguió una dirección hacia el sureste de la laguna. En la región noreste de la laguna, las concentraciones de NH₄⁺ evidenciaron contaminación directa y reciente (descarga de aguas residuales), mientras que, la salinidad y la concentración de Si correspondieron a agua marina. El promedio del volumen de agua aportada a través de la descarga de agua subterránea principal (descarga Teek) fue de 2.289 x 10⁵ m³ d⁻¹ equivalente a 1.32 x 10⁸ mmol d⁻¹ NID y 5.76 x 10⁶ mmol d⁻¹ PT durante noviembre y 2.43 x 10⁸ mmol d⁻¹ NID y 4.07 x 10⁶ mmol d⁻¹ PT para enero. En cuanto a la razón N:P detectada en el cenote, durante ambos monitoreos, se excedió lo establecido por Redfield, mientras que en la laguna arrecifal esta razón varió espacial y temporalmente, sin embargo en el área influenciada por el paso de la pluma de agua salobre, la razón se registró ligeramente mayor a la razón 16:1. Las bacterias fecales durante noviembre excedieron los límites establecidos por la NOM y EPA tanto en el cenote como en la laguna arrecifal. Los resultados muestran la importancia de cuantificar el flujo de compuestos inorgánicos en zonas con un alto impacto turístico y monitorear la presencia de bacterias fecales, con el fin de regular el uso de las áreas y evitar el deterioro de los ambientes costeros. Con este estudio se evidencia que, el uso de las concentraciones de silicatos y salinidad son eficientes como trazadores del agua salobre proveniente del acuífero cárstico.

OCC-28 CARTEL

EFEECTO DE EVENTOS EXTREMOS EN LA DILUCIÓN DE LAGUNAS COSTERAS Y EN EL POTENCIAL ENERGÉTICO POR GRADIENTE SALINO

Enríquez Ortiz Cecilia¹, Álvarez-Silva Oscar² y Reyes-Mendoza Oscar³¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad del Norte de Colombia³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-El Colegio de la Frontera Sur (CONACYT-ECOSUR)
cenriqz@ciencias.unam.mx

Las lagunas costeras que desarrollan condiciones de hipersalinidad durante todo el año se encuentran en regiones de poca afluencia de agua dulce. Donde la lluvia es escasa y los aportes de agua del continente también lo son. Este es el caso de varias lagunas costeras en la costa Norte de la Península de Yucatán. Sin embargo, estos sitios pueden verse influenciados por tormentas tropicales, que son también característicos de esa región, cuando su trayectoria toca el sitio o sus cercanías. La dificultad para obtener datos continuos en estos sitios remotos ha dejado grandes huecos en cuanto a la magnitud y la duración de la influencia del paso de sistemas tropicales en las lagunas costeras y también en cuanto a los conos de influencia de los sistemas. La presencia de anclajes de CTD que obtuvieron registros continuos durante el año 2014 permitió observar el efecto que tuvo en la Laguna La Carbonera el paso de la tormenta tropical Hannah, cuya trayectoria fue remota a la localidad. Los resultados del análisis de datos reflejan la disminución de concentración salina considerable en toda la laguna y la duración de sus efectos. En esta contribución se presentan estos resultados, y también los efectos que este tipo de procesos naturales tienen en el potencial energético por gradiente salino. Esto último es particularmente relevante debido a que las evaluaciones del potencial energético típicamente se aproximan con datos climáticos de las salinidades y no consideran

la variación real de escalas temporales cortas que sólo puede adquirirse mediante los monitoreos continuos.

OCC-29 CARTEL

INTERACCIÓN SUPERFICIE-ATMÓSFERA EN UNA LAGUNA COSTERA: ENERGÍA CINÉTICA DE TURBULENCIA Y FLUJOS DE CALOR EN LA CAPA LÍMITE PLANETARIA

Benítez Valenzuela Lidia Irene¹, Sánchez Mejía Zulia Mayari¹,
Yépez González Enrique Arturo¹ y Figueroa Espinoza Bernardo²

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Instituto de Ingeniería, UNAM

lidia.benitez.valenzuela@gmail.com

Las lagunas costeras son cuerpos de agua dinámicos, ya que en ellas interactúan la hidrosfera y la atmósfera. El intercambio de energía y materia entre la superficie y la atmósfera es el principal factor que regula el clima local. La turbulencia es un proceso fundamental para el transporte de energía y vapor de agua, además para la formación de nubes de tal manera que es un proceso relevante en el ciclo hidrológico. Sobre una laguna costera semiárida ubicada en Guaymas, Sonora durante el 2019 (enero-diciembre) se realizaron mediciones de parámetros de turbulencia en la atmósfera: energía cinética de turbulencia (TKE, turbulent kinetic energy), Monin-Obukhov length (L) y el parámetro de estabilidad de Monin-Obukhov ($\#$) mediante el método de covarianza de vórtices (EC, eddy covariance); asimismo se estimó la altura de la capa límite planetaria (PBL, planetary boundary layer) por medio del modelo de Clausius-Clapeyron. Se realizaron análisis estacionales considerando los meses del Monzón Norteamericano (julio-septiembre), la época previa al Monzón (enero-junio) y posterior al Monzón (octubre-diciembre). El promedio anual de TKE, L, $\#$ y la altura de PBL fueron 0.72 m²s⁻², -37.6 m, -0.007 y 872 m, respectivamente. Se obtuvo que los promedios estacionales de TKE (0.75 m²s⁻²), L (85 m) y $\#$ (-0.03) fueron mayores durante el Monzón. En esta misma estación, el promedio de la altura de PBL fue de 718 m, mientras que en la estación previa al Monzón fue de 1,065 m y posterior al Monzón el promedio fue 646 m. Keywords: calor latente y sensible, Monin-Obukhov, Golfo de California, ANP Estero El Soldado

OCC-30 CARTEL

DINÁMICA SEDIMENTARIA 2012-2013 EN LA COSTA CENTRO NORTE DE BAHÍA DE BANDERAS NAYARIT

Carrillo González Fatima Maciel, Pedroza Ruciles Sergio, Hernández Sandoval Erika, Rodríguez Uribe María Carolina y Rendón-Contreras Héctor Javier
Universidad de Guadalajara UdeG, CUCosta
fatima.carrillo@academicos.udg.mx

Se han realizado diversas modificaciones antrópicas en la costa de Bahía de Banderas, Nay, Méx. Algunos de estos son los procesos de extracción de arenas en cauces de ríos, urbanización, construcción, cambio de uso de suelo en las cuencas, etc., las cuales han afectado la circulación en la costa y en consecuencia el transporte de sedimento. Aunque la depositación y erosión son procesos cíclicos, la playa evidencia cambios de posición en la línea de costa, afectando las construcciones aledañas a la playa. Se realizaron cuatro jornadas de trabajo: agosto y noviembre de 2012, enero y marzo 2013. La zona de estudio son aproximadamente 10km de línea de costa, de la desembocadura del río Ameca hasta el arroyo El Indio. Se levantó el perfil de playa, se calculó el cambio de área y volumen de sedimento entre cada jornada de medición. Se analizó el campo de viento registrado en las estaciones automáticas meteorológicas aledañas. Con los resultados se observó que hubo una depositación total de 122,429.27 m³, durante el periodo de medición ocurrió en promedio una depositación de aproximadamente 14.5cm en todo el segmento de playa en el periodo estudiado, aunque no se encontró un patrón específico de erosión o depositación, pues la zona respondió diferente por secciones. De aquí se observó que la erosión fue mayor en el mes de estiaje que en el de lluvias para este periodo.

OCC-31 CARTEL

ESTRUCTURA DE LA SALINIDAD EN VERANO EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Obeso-Nieblas Maclovio¹, Gaviño-Rodríguez Juan Heberto² y Martínez Flores Guillermo²

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, CICIMAR - IPN

²Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima
mniebla@ipn.mx

Se describe la evolución temporal del gradiente de salinidad en la bahía, con base en muestreos realizados en verano (septiembre) de siete años, periodo durante el cual se registró un evento Niño muy fuerte, un evento Niña fuerte, dos eventos Niño débiles y tres eventos normales. En 2015 (Niño muy fuerte) se observó la menor salinidad superficial promedio (34.71 gkg⁻¹), sin una estructura de haloclina, con un máximo subsuperficial a los 25 m, luego un mínimo a los 40 m y a continuación el valor máximo del muestreo (35.01 gkg⁻¹) a los 130 m, posteriormente se aprecia una disminución gradual hasta los 381 m. En 2010 (Niña fuerte) se midió la mayor salinidad superficial promedio (35.27 gkg⁻¹), sin una distribución de la haloclina con

un máximo subsuperficial a los 11 m, posteriormente un mínimo a los 40 m, luego otro máximo a los 74 m y a continuación se aprecia una disminución gradual hasta los 366 m. Estos dos eventos anómalos representan los extremos de la estructura de la salinidad en los primeros 68 m de profundidad en la bahía en este periodo. En general se puede apreciar una ausencia de una capa de mezcla, sin una estructura de haloclina en estos muestreos. Al parecer un evento anómalo como un Niño muy fuerte produce una disminución de salinidad muy importante en los primeros 68 m de profundidad, en contra parte una Niña fuerte aumenta significativamente la salinidad hasta los 130 m. La mayor variabilidad se observó en los primeros 130 m de cada muestreo, después la salinidad disminuye en forma gradual, es de destacar que aun en la parte más profunda de la bahía (Cuenca Alfonso), la salinidad tiene una variación importante. En todos los muestreos se registró una estructura de salinidad diferente, lo que implica que no existe una configuración uniforme y que cambia en el tiempo, producto de la influencia del Golfo de California y las condiciones locales (radiación solar, viento, morfología y mareas).

Sesión regular

OCEANOLOGÍA

Organizadores:

Emilio Beier

Alejandro Kurczyn

Alejandro Souza

OCE-1

¿FUE “THE WARM BLOB” EL EVENTO QUE DETONÓ LA DISMINUCIÓN DRÁSTICA EN LA MAGNITUD DE LA MATERIA PARTICULADA EN HUNDIMIENTO EN CUENCA ALFONSO?

Aguirre Bahena Fernando¹, Lara-Lara Rubén², González Rodríguez Eduardo², Torres Hernández María Yesenia¹, Pérez-Burguez Mara¹, Cortés Martínez Mara Yadira³, Bollman Jorg⁴, Morales-García Sandra⁵ y Tenorio Fernández Leonardo¹

¹CICIMAR

²CICESE

³UABCS

⁴U. Toronto

⁵CMPL

faguirre@ipn.mx

Después de cuatro años sin información (2013-2016) sobre los flujos de la Materia Particulada en Hundimiento (MPH) se reiniciaron, octubre de 2016, las operaciones de la Estación de Series de tiempo Cuenca Alfonso (CATS, por su acrónimo en inglés) ubicada al norte de Bahía de La Paz (BaPaz). Esta depresión presenta condiciones de oxígeno mínimo (~1.5 mL L⁻¹) por abajo de los 150m de profundidad, y corrientes mínimas en la zona más profunda por lo que es un sitio ideal para estudiar la sedimentación de la MPH. El objetivo central de este observatorio ha sido mejorar el conocimiento sobre los procesos que modulan la MPH con énfasis en los flujos de carbono orgánico (fCorg) y otros elementos asociados; por ejemplo, cambios en la estructura comunitaria del nanoplancton calcáreo y la composición elemental (v.g. Sc, Al, Fe). Para ello se instaló, utilizando el B/O “Alpha Helix”, una nueva trampa de sedimentos (Mark78H-21) a 300m de la superficie y a 100m del fondo marino. Este equipo se programó para coleccionar 21 muestras con una resolución de 18 días cada una. En noviembre de 2017 la trampa de sedimentos se recuperó y las muestras fueron tratadas y cuantificados los contenidos de Corg, CaCO₃ y Bio-Si, entre otros. Los resultados mostraron un periodo, con Flujos de Masa Total (FMT's) muy bajos desde febrero hasta septiembre de 2017. El FMT promedio fue 0.073x10⁻³g m⁻²d⁻¹, un valor inédito, por su magnitud, en toda la década de observaciones previas en CATS. Este valor tampoco ha sido reportado en la literatura científica a nivel global, incluyendo las zonas oceánicas oligotróficas como las Bermudas o Hawaii (BATS y HOT, respectivamente). El resto del tiempo el FMT promedio fue de 0.40g m⁻²d⁻¹ con un contenido promedio de Corg de 8.2% y un fCorg de 0.037gCm⁻²d⁻¹. El periodo de flujos bajos se interrumpió con la después de la TT “Lidia” el 1° de septiembre de 2017. El FMT y fCorg se incrementaron de un valor cercano a cero hasta 1.32 y 0.061gm⁻²d⁻¹, respectivamente. Los datos satelitales registraron anomalías positivas de temperatura del mar de casi 4°C en BaPaz durante 2015 y de ~3°C en 2017. Estas aguas cálidas fueron coincidentes con anomalías negativas de la Productividad Primaria (PP) obtenidas por percepción remota. Sin embargo, la caída de la PP no explica porque los FMT's calculados para las primeras siete muestras fueron similares al promedio obtenido para el 2002-2012. Por lo tanto, se analizaron otras variables como el efecto del viento en el transporte de partículas litogénicas -que además aportan densidad a la MPH generando una mayor tasa de hundimiento- en este ambiente árido y sin ríos permanentes. Los resultados son indicativos de que los eventos asociados al cambio global pueden tener efectos negativos sobre el ciclo del carbono de mucha mayor magnitud al pronosticado por los modelos de acoplamiento océano-atmósfera para finales del siglo XXI.

OCE-2

DINÁMICA DE LA MATERIA PARTICULADA SUSPENDIDA Y DE SUS CONTENIDOS DE ELEMENTOS MAYORES Y TRAZA EN LA BOCA DE UNA LAGUNA COSTERA ANTIESTUARINA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Aguirre Bahena Fernando¹, Morales-García Sandra², Pérez-Escamilla Pilar³, Morales-Pérez Rubén⁴, Pérez-Burguez Mara⁴, Torres Hernández María Yesenia¹ y Tenorio Fernández Leonardo¹

¹CICIMAR

²CMPL

³IMTA

⁴UABCS

faguirre@ipn.mx

Las lagunas costeras son consideradas como fuente de materia particulada suspendida (MPS) hacia los mares adyacentes, siendo las mareas uno de los mecanismos que regulan este proceso de exportación. La laguna Ensenada de La Paz es un cuerpo de agua somero (<10m), pequeño (45Km²) y que está, en gran parte, rodeada por la Cd. de La Paz. La región tiene un clima semiárido con escasa precipitación (~200mm año⁻¹) y arroyos que sólo descargan durante las lluvias episódicas de agosto a septiembre y asociadas a ciclones tropicales (CT). Con el fin de evaluar el impacto de las lluvias en la dinámica de la MPS y sus contenidos de elementos mayores y traza (EMyT) se realizó un experimento sistemático en dos condiciones contrastantes del año. Así, se utilizó un sistema de filtración de alto volumen (WTS-LV) diseñado para filtrar entre 4 y 10L por minuto hasta 2,500L por evento o colmatar el filtro (GF/F, 142mm de diámetro). El WTS-LV se posicionó a 2m de profundidad, cada dos horas, en el canal de entrada a la laguna y filtró en doce ocasiones a lo largo de un ciclo de mareas. Se registraron mediciones, cada

5 minutos, de la velocidad de la corriente utilizando un ADCP y de los cambios del nivel del mar a través de del sensor de presión instalado en el fondo de la boca de la laguna. Se incluyeron registros de CTD, cada hora por intervalos de 5 minutos, a una profundidad de 2m. Este muestreo se realizó dos días después del arribo de un CT en septiembre de 2018 y en mayo (estiaje) de 2019. La concentración de la MPS se calculó mediante el cociente entre la masa obtenida y el volumen de agua filtrada. Para determinar los contenidos de los EMyT (v.g. Fe, As), se realizó una digestión ácida (HNO₃) de la MPS recolectada y se obtuvo su concentración mediante ICP-OES. Con los valores de: concentración de los EMyT, velocidad de la corriente (magnitud y dirección) y el área transversal se calculará el balance de masa. Los resultados iniciales mostraron evidencia de un proceso de exportación. Por ejemplo, la turbidez y la concentración de clorofila tuvieron una relación directa e inversa con la altura de la marea. La concentración de la MPS mostró el mismo patrón, mientras que el promedio registrado durante el periodo de lluvias (11.1 mgL⁻¹) fue significativamente mayor que durante el estiaje (4.4 mgL⁻¹). Por otra parte, la [Fe] promedio también fue mayor (1.1%) en lluvias respecto al estiaje (0.8%) mientras que el Al mostró el inverso (1, 1.4%). Elementos traza de importancia como el As presentaron una mayor concentración durante el reflujó (hasta 8 mgKg⁻¹) y el promedio fue mayor después de las lluvias (4.2 vs. 2.9 8 mgKg⁻¹). Hay evidencia que indica que las mareas modulan la exportación de algunos elementos en esta laguna y que este proceso se acentúa por las escorrentías puntuales.

OCE-3

CAMBIOS EN TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTUO DURANTE LAS DOS ÚLTIMAS FASES FRÍAS DEL PDO EN LA REGIÓN NORTE DE LA ZONA DE MÍNIMO DE OXÍGENO FRENTE A MÉXICO

Sánchez-Pérez Elvia Denisse¹, Sánchez-Velasco Laura², Ruvalcaba Aroche Erick Daniel², Beier Emilio³, Barton Des⁴, Godínez Victor M.⁴, Contreras-Catala Fernando⁵ y Márquez-Artavia Amaru¹

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CONACyT-IPN-CICIMAR

²Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

³Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Unidad La Paz, BCS

⁴Departamento de Oceanografía, Instituto Investigaciones Marinas (CSIC)

⁵Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)

esanchezp@conacyt.mx

Se utilizaron datos del World Ocean Database y datos provenientes de cruceros oceanográficos para analizar las tendencias de temperatura y oxígeno disuelto en la región norte de la zona de mínimo de oxígeno del Pacífico frente a México. Se realizó una comparación de las últimas dos fases frías del PDO de 1962 a 1974 y del 2002 a 2012 respectivamente, la cual incluyó tres áreas: 1) sur de la Corriente de California, 2) sur del Golfo de California y 3) Pacífico Tropical Transicional. En este estudio observamos que las capas superficiales (# 10 m) se han calentado significativamente ($p < 0.05$) en las tres áreas mientras que capas más profundas (101–1000 m) se han enfriado ligeramente, principalmente en el área del Pacífico Tropical Transicional. En general, la columna de agua en la región de estudio se ha desoxigenado significativamente ($p < 0.05$), no solo en la capa subsuperficial de la zona de mínimo oxígeno (~ 100 a 300 m) en el área del Pacífico Tropical Transicional, como ha sido registrado anteriormente; sino en toda la columna de agua de las tres regiones, excepto en la capa de 51–300 m de profundidad del área del sur de la Corriente de California. Los datos mostraron una expansión de agua desoxigenada desde el área del Pacífico Tropical Transicional hasta el sur del Golfo de California, posiblemente asociada con el fortalecimiento de la Corriente Costera Mexicana hacia el norte y el aumento de estratificación dentro del Golfo de California. Se postula que las diferentes tendencias de temperatura en las capas superficiales y subsuperficiales de la columna de agua entre las dos fases frías del PDO, y la simultánea pérdida significativa de oxígeno en todas estas capas analizadas aquí, probablemente obedecen a diferentes escalas de tiempo.

OCE-4

BALANCE DE O₂ AL INTERIOR DE REMOLINOS SUBSUPERFICIALES SUBÓXICOS DE MESOESCALA EN LA ZONA FRENTE A CHILE CENTRAL (30° - 40° S)

Ortiz Lenna¹, Pizarro Oscar², Dewitte Boris³, Pizarro-Koch Matias⁴ y Cornejo Marcela⁵

¹Instituto Milenio de Oceanografía; Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción

²Instituto Milenio de Oceanografía; Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción

³LEGOS (IRD/CNRS/CNES/Universidad de Toulouse, Francia); Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA); Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte

⁴Instituto Milenio de Oceanografía

⁵Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

lennaortiz@udec.cl

Los remolinos subsuperficiales de mesoescala que se forman y trasladan en la región de la termoclina, juegan un papel importante en la circulación del Océano Pacífico Oriental en el transporte de aguas intermedias desde zonas productivas costeras hacia mar abierto. Aunque estos remolinos pueden existir en diferentes regiones del océano, ellos se forman principalmente en los grandes Sistemas de Surgencia de los Bordos Orientales de los Océanos (SSBO) donde existe una corriente subsuperficial hacia el polo que constituye un rol central en la dinámica de su formación. Adicionalmente, la Zona de Transición Costera ubicada entre ~

600 - 800 km fuera de la costa de Chile contribuye a un aumento en la actividad de estos remolinos. Los SSBO se caracterizan por una alta producción primaria y por la presencia de aguas subsuperficiales con bajas concentraciones de oxígeno disuelto denominadas comúnmente zonas de mínimo oxígeno (ZMO), de esta manera, los remolinos que se generan en esta región presentan en su interior condiciones subóxicas donde ocurren procesos biogeoquímicos propios de estas condiciones ambientales, tales como desnitrificación y mayor producción de N₂O. Poco se conoce sobre la dinámica del oxígeno al interior de estos remolinos durante su vida y trayecto, producto de la interacción con los distintos procesos físicos (advección y mezcla) y biogeoquímicos (nitrificación, remineralización, producción primaria y excreción del plancton) involucrados en la producción y consumo del oxígeno. En este trabajo nosotros usamos un modelo con acoplamiento físico/biológico (ROMS-AGRIF/BioEBUS) para estudiar la dinámica del oxígeno y los mecanismos que la controlan dentro de los remolinos subsuperficiales de mesoescala que se trasladan desde la zona de mínimo oxígeno costera a cientos de kilómetros lejos de la zona de formación. Usando anomalías de densidad potencial, identificamos y seguimos la trayectoria de remolinos subsuperficiales en un periodo de 9 años en el que se calculó la evolución temporal de la concentración de oxígeno disuelto, así como las tasas promedio de los procesos involucrados en su interior. Estos procesos impactan tanto en el balance del oxígeno como en la disponibilidad de los nutrientes, los cuales son modulados tanto por la dinámica entre ellos como por el intercambio con las aguas circundantes controladas por procesos físicos.

OCE-5

IMPACTO ATMOSFÉRICO Y OCEANOGRÁFICO, CAUSADO POR LOS NORTES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Kurczyn Robledo Jorge Alejandro¹, Appendini
Albrechtsen Christian M.², Beier Emilio³ y López José²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²UNAM
³Cicese-La Paz
jkurczynr@iingen.unam.mx

Los Nortes son tormentas típicas del clima del Golfo de México (GoM), que tienen importantes impactos oceánicos y atmosféricos sobre la región y que son esenciales para el ecosistema marino. Dieciséis años de análisis de informes meteorológicos mostraron que los Nortes ocurren dentro de un periodo de nueve meses (de septiembre a mayo), con un número total de 24 ± 5 episodios por temporada. En promedio hubo 2.5 ± 1 eventos por mes, con una duración de 1 a 3 días con una duración máxima de 13 días consecutivos. El análisis de componentes principales de trece años de observaciones in situ identificó la temperatura del aire (41.6% de la varianza explicada) y la altura de las olas (36.3%) como los dos principales impulsores de estos eventos. El análisis de clusters de estos mismos datos clasificó a los Nortes en tres tipos: moderado, fuerte y severo, según el impacto ambiental causado en el GoM. Estos eventos tienden a transitar entre categorías a medida que pierden fuerza mientras viajan a hacia latitudes bajas. Los Nortes severos son más comunes en la costa noroeste, y ocurren durante enero a marzo, mientras que los eventos moderados son más comunes en medio del GoM durante septiembre-diciembre. Este trabajo muestra como los Nortes aumentan el esfuerzo del viento sobre la superficie del mar, aumentando la altura y el periodo de las olas al suroeste y centro del GoM. También, afectan el nivel del mar y las corrientes superficiales, provocando oscilaciones de gran amplitud a lo largo de las costas, acelerando y desplazando las corrientes hacia el suroeste, respectivamente. Los Nortes traen aire frío y seco que enfría la superficie del océano y la atmósfera baja, disminuyendo la humedad relativa. Junto con los incrementos de la velocidad del viento, promueven un flujo de calor positivo sensible y latente maximizado en las costas del noroeste y oeste del GoM.

OCE-6

DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE LOS GIROS DE LA ZONA PROFUNDA DEL GOLFO DE MÉXICO DESDE UNA PERSPECTIVA INTEGRADA EN UNIDADES OCEANOGRÁFICAS

Uribe-Martínez Abigail¹, Aguirre Gómez Raúl²,
Zavala-Hidalgo Jorge³, Ressler Rainer⁴ y Cuevas Eduardo⁵
¹Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)
²Instituto de Geografía, UNAM
³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
⁴CONABIO
⁵CONACYT-UNACAR
abigailum@gmail.com

Al interior del Golfo de México (GOM) se presentan de manera regular estructuras oceanográficas ciclónicas y anticiclónicas de importantes variaciones espaciales y temporales, como una consecuencia multifactorial de la entrada de aguas cálidas a través de la Corriente de Lazo (CL), efectos atmosféricos estacionales y la interacción con la topografía del piso oceánico. Debido a esto, la implementación de una evaluación cuantitativa estandarizada de provincias oceánicas en esta región representa un reto que se ha abordado con aproximaciones estáticas y dinámicas, utilizando una gran variedad de insumos. Una opción para atender esta necesidad es el análisis de unidades oceanográficas derivadas de la integración

de múltiples características oceanográficas que permite regionalizar los mares y estudiar sus variaciones espaciotemporales de forma consistente y homologada. Para este trabajo se delimitaron unidades oceanográficas de la zona profunda del Golfo de México a partir de aspectos físicos y biológicos estimados por métodos indirectos a fin de cuantificar sus variaciones espaciales y temporales entre el 2003 y 2013. Se utilizaron técnicas de clasificación supervisada (Análisis de Discriminante Lineal y RandomForest) y segmentación de imágenes en las que se consideraron tanto aspectos biofísicos (derivados de imágenes satelitales) y modelos numéricos, como métricas de forma de los objetos derivados. Se generaron cuatro modelos estacionales de segmentación y clasificación con los que se obtuvieron 132 mapas mensuales (de enero de 2003 a diciembre 2013) de los rasgos de circulación del GOM y se derivaron índices de forma, recurrencia y variabilidad. La recurrencia más alta de rasgos de circulación se observa en una franja longitudinal entre los 25 y 27°N. Hacia el invierno, la variación de la circulación anticiclónica forma un arco entre la región del desprendimiento de la CL y la Bahía de Campeche, reflejando una trayectoria con dirección suroeste de los desprendimientos de la CL. Se detectaron desprendimientos de la misma CL más recurrentemente entre junio y septiembre, mientras que el anticiclón frente a Tamaulipas se presentó más frecuentemente entre febrero y abril. De agosto hasta noviembre, aumentó el área ocupada por la circulación ciclónica del interior del GOM, aunque el giro de Veracruz fue más recurrente entre octubre y febrero. Si bien, los giros anticiclónicos fueron en promedio más grandes que los ciclónicos, estos últimos se presentaron en mayor número. La circulación anticiclónica del GOM presentó extensiones mayores entre el 2009 y el 2013. La concentración de clorofila en las estructuras ciclónicas y anticiclónicas tuvieron rangos similares, aunque el promedio para las primeras fue ligeramente mayor que en las segundas. El desprendimiento de la CL tiene características comparables a las aguas del Caribe, con topografía dinámica absoluta, temperatura superficial del mar y magnitud de la corriente más elevadas que el resto del GOM. Con este trabajo se presenta información cuantitativa de las variaciones espaciotemporales de la expresión integrada de los rasgos de circulación de la zona profunda del GOM y se propone un método sencillo y económico con alto potencial para monitorear sistemáticamente sus variaciones a lo largo del tiempo.

OCE-7

VARIACIONES MULTIDECADALES DE LA ZONA DE MÍNIMO DE OXÍGENO DEL PACÍFICO NORORIENTAL TROPICAL A PARTIR DEL REGISTRO SEDIMENTARIO

Abella Gutiérrez José Luis, Herguera Juan Carlos y Contreras Pacheco Yessica Vanesa
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
joseluisabella@gmail.com

La expansión de las zonas de mínimo de oxígeno (ZMO) observada en las últimas décadas a nivel global está generando una reducción de la región habitable para las especies marinas e importantes cambios en el ciclo de nutrientes en el océano. Para entender si esta expansión es natural o de origen antropogénico, estudios recientes están utilizando el análisis de los isótopos de N en sedimentos marinos por su sensibilidad a cambios regionales en las concentraciones de oxígeno en la columna de agua. En este estudio se ha realizado el análisis, a resolución interanual, de los cambios en los isótopos de N de dos cuencas sedimentarias, una del Golfo de California y otra del sur de la Corriente de California para comprender las variaciones en la ZMO del Pacífico Nororiental Tropical y Subtropical. Los resultados muestran que las variaciones isotópicas en los sedimentos de las dos cuencas sedimentarias no están totalmente acopladas y se discutirá qué procesos oceanográficos relacionados con la intensidad y extensión de la ZMO gobiernan la concentración de oxígeno en el Golfo y la Corriente de California.

OCE-8

EL BRAZO TROPICAL DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Beier Emilio¹, Sánchez-Velasco Laura², Márquez-Artavia Amaru³,
Ruvalcaba Aroche Erick Daniel⁴, Sánchez-Pérez Elvia Denisse⁴,
Contreras-Catala Fernando⁵, Godínez Víctor M.⁶ y Landeros Tafolla David⁶
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
²CICIMAR-IPN
³CICESE-ULP
⁴CICIMAR-CONACYT
⁵CICESE
⁶UNAM-ICML
ebeier@cicese.mx

El brazo Tropical de la Corriente de California (BTCC) es un flujo que se desprende de la Corriente de California y se dirige hacia el sureste después de alcanzar el extremo sur de la Península de Baja California (~23°N), donde se mezcla con agua del Golfo de California y agua de origen tropical transportada por la Corriente Costera Mexicana. El BTCC ha sido observado en la altimetría (SSH), sin embargo, nunca ha sido observado con datos hidrográficos que permitan identificar su estructura vertical, no se conoce su variabilidad espacio-temporal, y aún no se ha cuantificado la cantidad de volumen transportado por este flujo hacia la zona de la convergencia Tropical-Subtropical frente a México. Se presentarán observaciones hidrográficas y cálculos del transporte estimados de cruceros oceanográficos durante mayo y junio del 2010 y 2012 respectivamente. Esta variabilidad y los transportes

son contrastados con un análisis de componentes principales de las escalas espacio-temporales presentes en las alturas dinámicas absolutas de la región entre 1993 y 2018. Si bien el BTCC juega un papel importante en la ventilación de las aguas subóxicas de la región tropical, también es sustancial su aporte a la actividad de mesoescala y la generación de frentes y filamentos. Actividad que hemos asociado con una productividad biológica destacada y reportada en observaciones de abundancias de zooplancton, paralarvas de cefalópodos y larvas de peces. Este estudio en un esfuerzo conjunto del Laboratorio de Macroecología (CICESE-ULP) y el laboratorio LEGOZ (CICIMAR-IPN).

OCE-9

EFFECTO DE LAS ONDAS DE ROSSBY SOBRE LOS MÁXIMOS DE CLOROFILA-A EN EL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

Márquez-Artavia Amaru¹, Márquez-Artavia Xiomara²,
Salazar-Ceciliano Juan², Sánchez-Velasco Laura³ y Beier Emilio¹
¹CICESE-ULP
²Universidad Nacional de Costa Rica
³CICIMAR-IPN
tupac.marquez@gmail.com

Tres años de mediciones obtenidas por un perfilador biogeoquímico del programa Argo cerca de 13 °N y 113 °W, datos de altimetría y los resultados de un modelo analítico, fueron utilizados para demostrar que las ondas de Rossby son una fuente de variación en la distribución vertical de propiedades como la densidad y los nitratos, en la escala estacional. Estas variaciones tienen consecuencias para los dos máximos de clorofila-a que son característicos de la Zona de Mínimo de Oxígeno del Pacífico Tropical Oriental. Los máximos oscilaron en profundidad con un periodo cercano al anual y una amplitud similar a la producida por la propagación de ondas de Rossby (20 m). Sin embargo, cada uno de los máximos tuvo una respuesta distinta a los cambios en las condiciones ambientales. El máximo de clorofila-a más somero y ubicado en aguas oxigenadas (>80 µmol kg⁻¹), se intensificó cuando las aguas más densas se movieron hacia la superficie, lo que implica un incremento en el flujo de nutrientes hacia la zona eufótica. De esta manera los movimientos de las isopícnas tienen consecuencias para el crecimiento del fitoplancton asociado al máximo de clorofila-a más somero. Por otro lado, el máximo de clorofila-a que estuvo localizado en aguas más profundas y con bajo contenido de oxígeno (<20 µmol kg⁻¹), se asoció con la isopícnica de 26 kg m⁻³ y a sus variaciones en profundidad (co-oscilaron), además de no mostrar eventos de intensificación. Esto indica que la variabilidad en el campo de densidad sólo induce movimientos mecánicos de este máximo de clorofila-a ubicado en aguas subóxicas. Las diferentes respuestas observadas para cada máximo pueden estar asociadas con las comunidades del fitoplancton que los forman. Finalmente, aunque las ondas de Rossby son una fuente de variación de la distribución vertical de propiedades, no podrían explicar la intensificación de uno de los máximos de clorofila-a (el más somero), ya que estos eventos fueron esporádicos y no ocurrieron con regularidad en la serie de tiempo analizada. Otros mecanismos como la ocurrencia de remolinos de mesoescala podrían contribuir explicar los movimientos verticales de las isopícnas y por consecuencia el flujo de nutrientes hacia la zona eufótica, donde las ondas de Rossby de periodo anual producen una señal de fondo que es modulada por estos procesos con frecuencias más altas.

OCE-10

DISTRIBUCIÓN Y DISPERSIÓN DE PARALARVAS DE CALAMARES DE IMPORTANCIA COMERCIAL DURANTE CONDICIONES INTERANUALES CONTRASTANTES EN EL PACÍFICO TROPICAL-SUBTROPICAL FRENTE A MÉXICO

Ruvalcaba Aroche Erick Daniel¹, Sánchez-Velasco Laura², Beier Emilio²,
Barton E. Desmond³, Godínez Víctor M.⁴ y Landeros Tafolla David⁵
¹Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
²CICESE - Unidad La Paz
³Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC)
⁴CICESE
⁵UNAM - ICML
ruvalcaba.erick@uabc.edu.mx

Se analizó la distribución de paralarvas del complejo *Sthenoteuthis* – *Dosidicus* (Complejo SD, Cephalopoda: Ommastrephidae), así como sus patrones de dispersión, en el Pacífico tropical-subtropical frente a México, en condiciones ambientales interanuales contrastantes. Se muestrearon dos años El Niño (2010 y 2016) en el que la temperatura fue hasta 3 °C por encima del promedio, mientras que en el año La Niña (2012) la temperatura fue hasta 2 °C más baja que su promedio estacional. Durante años El Niño se detectó una termoclina relativamente somera alrededor de Cabo Corrientes (<60 m) donde las paralarvas tuvieron una baja abundancia (2 org 1000 m⁻³). Durante condiciones La Niña la termoclina fue somera (~20 m) en toda la entrada del Golfo de California, y la abundancia de paralarvas incrementó hasta 84 org 1000 m⁻³ con una alta frecuencia de ocurrencia. En ambas condiciones (El Niño y La Niña) las paralarvas se encontraron en aguas bien estratificadas (>80 ciclos h⁻¹). Se aplicó un modelo de dispersión simple, basado en observaciones satelitales de corrientes geostroficadas, el cual sugirió

asociación de las paralarvas con estructuras de mesoescala, en los cuales los huevos y paralarvas tuvieron un hábitat apropiado para su crianza, en los que además las paralarvas fueron retenidas hasta su reclutamiento en un radio de ~100 km. Sin embargo, durante eventos El Niño la actividad de mesoescala fue menor y las paralarvas pudieron ser advectadas hasta 500 km al sureste de la zona en la que ocurrió el desove, hasta zonas menos favorables para su desarrollo. Las condiciones interanuales El Niño y La Niña modulan la magnitud de la abundancia de las paralarvas, mientras que una termoclina somera y bien desarrollada puede ayudar a incrementar sus probabilidades de supervivencia. Además, la actividad de mesoescala puede retener a las paralarvas, y su alimento, cercanas a las aguas productivas de la costa.

OCE-11

EL CALENTAMIENTO MULTI-DECADAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU EFECTO SOBRE UN DEPREDADOR TOPE RESIDENTE

Pardo Mario A.¹, Beier Emilio¹, Adame Kare¹,
Elorriaga-Verplancken Fernando² y Acevedo-Whitehouse Karina³
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada - Unidad La Paz
²Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
³Universidad Autónoma de Querétaro
mpardo@cicese.mx

Analizamos la tendencia multi-decadal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California y su capacidad de predecir el tamaño de una población residente de lobos marinos de California (*Zalophus californianus*) durante los últimos 42 años (1978-2019); partiendo de la premisa de que el crecimiento poblacional de los depredadores tope depende en gran medida de condiciones ambientales favorables para la agregación de suficientes presas de alta calidad. Este es el primer análisis multidecadal de la superficie del mar en el Golfo de California, y de uno de sus mayores depredadores. Un calentamiento sostenido en las últimas tres décadas explicó el 92% de la varianza en la tendencia de la población, incluyendo un drástico decrecimiento del 65% entre 1991 y 2019. Las condiciones cálidas de largo plazo iniciaron a finales de los 80's, seguidas de una caída en el tamaño poblacional, de 43,834 animales (rango: 34,080 – 58,274) en 1991, a sólo 15,291 (rango: 11,861 – 20,316) en 2019. Los modelos apuntan a un hábitat óptimo para la población consistente en una temperatura superficial ligeramente cálida, entre 0.18 y 0.39°C sobre la media de los últimos 100 años. La mecánica de esta relación permanece incierta; sin embargo una aparente diversificación de las capturas de peces pelágicos apunta a una reducción de presas de alta calidad. El calentamiento superficial sostenido puede deberse al aumento en la estratificación y posible inhibición de los procesos de mezcla en el golfo, lo cual también alteraría en el largo plazo las propiedades de la columna de agua, impactando la productividad biológica. Proponemos que esta población de lobos marinos de California sea considerada como vulnerable a cualquier disturbio que pueda sumar efectos negativos a las actuales condiciones cálidas de la superficie del mar en el Golfo de California, las cuales alcanzaron en 2019 los +1.05 °C sobre la media de los últimos 100 años.

OCE-12

INTERACCIONES RESONANTES ENTRE MODOS DE ROSSBY EN UNA COSTA Y UN CANAL

Graef Federico¹ y García Rigoberto F.²
¹CICESE

²Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies, University of Miami, and NOAA/Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Miami, Florida, USA
fgraef@cicese.mx

Estudiamos la posibilidad de tener interacciones resonantes entre tres modos de Rossby en una costa o canal de orientación arbitraria. Un modo de Rossby se compone de dos ondas progresivas, necesarias para satisfacer la condición de frontera de flujo normal cero en la(s) costa(s). En cada geometría establecemos las condiciones, los grados de libertad y las ondas de Rossby (OR) de los dos modos primarios que podrían forzar un tercer modo. Discutimos las diferencias entre la orientación zonal y no-zonal. Las interacciones resonantes son posibles sólo si todas las OR (cuatro) participan en el caso zonal, mientras que sólo tres OR pueden participar en el no-zonal. La no-zonalidad reduce los grados de libertad para resolver las condiciones de resonancia y las soluciones se restringen mientras más inclinadas estén las costas respecto a la dirección este-oeste. En particular, si la costa o canal es meridional, no hay soluciones. Para la costa no-zonal, hay dos grados de libertad y encontramos una familia de soluciones en el espacio (T1, T2) de periodos o frecuencias de los modos primarios. No hay grados de libertad en el canal no-zonal. Desarrollamos un método gráfico para buscar soluciones resonantes, encontrando, cuando existen, dos independientes. Respecto a posibles aplicaciones oceanográficas, mostramos soluciones para la Cordillera Hawaiana e indagamos si hay soluciones en el Canal de Mozambique, el Mar de Tasmania, el Estrecho de Dinamarca y el Canal Inglés.

OCE-13 CARTEL

ESTRUCTURA TERMOHALINA EN LA CAPA SUPERIOR DE 200M DE BAHÍA DE BANDERAS SEGÚN DOS ENCUESTAS RÁPIDAS CON CTD-ONDULANTE

Ramos Carlos, Filonov Anatoliy, Pantoja Diego Armando, Tereshchenko Iryna y Palacios Emilio
Universidad de Guadalajara, UdG
 cperez292@gmail.com

Bahía de Banderas es una bahía natural de México localizada en la costa del océano Pacífico, entre los estados de Jalisco y Nayarit. La zona es económicamente atractiva por su potencial pesquero e industria turística, sustentados en la alta productividad biológica y sus áreas de recreo. Debido a las escasas investigaciones oceanográficas realizadas en Bahía de Banderas, su dinámica y estructura termohalina no son totalmente conocidas en la actualidad; siendo estos factores de vital importancia para el mejor aprovechamiento y cuidado de los recursos marinos. Por tanto, el objetivo planteado en la presente investigación fue describir la formación de la estructura termohalina y su variabilidad interestacional, así como la dinámica de corrientes dentro del cuerpo de agua. Para ello se utilizaron datos de dos expediciones realizadas en octubre de 2009 y marzo de 2011. Los perfiles verticales de temperatura y conductividad fueron medidos con un CTD Sea-Bird SBE19plus, usando la técnica del ondulante, que permitió tomar muestras de forma rápida en toda la bahía. Con el objetivo de eliminar las altas frecuencias se usó en la vertical un filtro de Savitzky-Golay. Para realizar los mapas por niveles, se usaron técnicas de interpolación objetivas, como el método de Kriging y se aplicaron filtros gaussianos para suavizar los mapas. Como resultados se obtuvieron varios productos que permitieron evaluar la formación y variación de la estructura termohalina, la estratificación y la variación zonal y meridional de la termoclina, así como corroborar algunas hipótesis sobre la circulación en la Bahía.

OCE-14 CARTEL

LA BIO-ABSORCIÓN DE PESTICIDAS EN RIOS EMPLEANDO ABSORBENTES DE BAJO COSTO: MODELACIÓN Y SIMULACIÓN NUMÉRICA

López Concepción Yosbany A. y García Chan Néstor
Universidad de Guadalajara, UdeG
 yosbanylopezconcepcion@gmail.com

El agua es imprescindible para el desarrollo de la vida, debido a que una gran variedad de funciones y procesos fisiológicos de los organismos dependen de ella, por esta razón es necesario poner en práctica acciones encaminadas al buen uso y manejo de este recurso. En la actualidad muchos lechos acuáticos están siendo altamente contaminados debido a las diversas actividades humanas, tales como sedimentos, descargas agrícolas, desechos industriales entre otras. En este trabajo la contaminación de los lechos acuáticos producida por los pesticidas fue tratada desde el punto de vista de la modelación matemática en EDPs y la simulación numérica como una 1ra aproximación del efecto mitigador de bio-absorbentes de bajo costo. En concreto el modelo consta de ecuación de Shallow water 1D acoplada con un modelo de advección-difusión que incluye el término de Langmuir. Uno de los métodos de eliminación más utilizados de tales sustancias peligrosas del agua contaminada es la bio-absorción. La reciente investigación se centró en adsorbentes alternativos de bajo costo, incluida la utilización de residuos capaces de eliminar cantidades significativas de diversos contaminantes de residuos acuáticos. Para esto, se obtuvo una descripción detallada de las principales características y clasificaciones de los diversos pesticidas, así como su peligrosidad y situación actual en México. Debido a que dentro del territorio mexicano se emplean una gran variedad de plaguicidas, para poder simular la biosorción de los mismos es necesario contar con varios parámetros y coeficientes empíricos, por lo que en este trabajo se realizó un cruzamiento bibliográfico entre los plaguicidas citados en el inventario nacional y en la bibliografía existente. De estos análisis se obtuvieron tablas con los principales pesticidas óptimos para la realización del proceso de modelación, estos análisis proporcionan una guía y un punto de partida para este estudio, obteniendo como principales focos de atención los plaguicidas prohibidos en diversas partes del mundo, que son de uso común en México.

OCE-15 CARTEL

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN DE PECES DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL PACÍFICO MEXICANO Y SUS CONSECUENCIAS PARA LA PESQUERÍA ARTESANAL

Morzaria Luna Hem Nalini¹, Cruz Piñón Gabriela², Reyes Bonilla Héctor³, Calderón Aguilera Luis E.³ y Torre Cosío Jorge⁴
¹CEDO Intercultural

²Departamento de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur

³Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y Educativa Superior de Ensenada

⁴Comunidad y Biodiversidad, A.C.
 hemnalini@cedointercultural.org

En décadas próximas, los ecosistemas marinos podrían verse afectados por cambios en sus condiciones físicas provocados por el cambio climático, resultado

del aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas alteraciones podrían afectar múltiples niveles en el sistema marino y eventualmente impactar el bienestar de las comunidades de pescadores que dependen de los recursos que ofrecen los océanos. En este proyecto tuvo como objetivo entender cómo los cambios previstos en las condiciones oceánicas podrían afectar la distribución geográfica de especies selectas de peces de importancia comercial para la pesca artesanal, y como estos cambios se traducirían en modificaciones a servicios y funciones ecosistémicas, así como cambios en las zonas de pesca, la composición de las capturas, y el valor económico de la pesca lo cual impactará a las comunidades costeras que dependen de la pesca. Analizamos las proyecciones de la distribución futura de especies de peces comerciales de alto valor en el Pacífico mexicano, tomando en cuenta los cambios esperados en la biogeoquímica marina, incluyendo pH, salinidad, temperatura superficial, disponibilidad de oxígeno y productividad primaria. Encontramos contracciones y expansiones de la distribución de especies; relacionamos estos cambios con efectos en la producción pesquera, procesos ecosistémicos, la modificación de las áreas de captura, y la vulnerabilidad de las comunidades humanas en la costa. Nuestra investigación ejemplifica la capacidad de este enfoque metodológico para entender los efectos del cambio climático en sistemas acoplados sociedad-ecosistema y para apoyar acciones de manejo.

Sesión regular

PALEONTOLOGÍA

Organizadores:

Ricardo Barragán Manzo
Eduardo Jiménez Hidalgo
Miguel Ángel Torres Martínez

PALEO-1

RESTAURACIÓN DE FÓSILES PLEISTOCÉNICOS. ANÁLISIS, MATERIALES DE INTERVENCIÓN Y TOMA DE DECISIONES.

Straulino Luisa¹, Mainou Luisa¹, Sedov Sergey², Pi Teresa³ y Loredó Jasso Alan Ulises³

¹Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

²Instituto de Geología, UNAM
azucarylimon@gmail.com

A partir del trabajo que se ha realizado con distintas piezas de diferentes organismos pleistocénicos se ha desarrollado una metodología de trabajo que incluye varias etapas. La base de este método es el diagnóstico a partir de varias técnicas analíticas: la observación macroscópica, MEB-EDS, estudio de láminas delgadas con microscopía petrográfica y DRX. Según el caso, se complementan con otros análisis como FTIR-ATR o radiografías. La finalidad de todo ello es conocer los procesos tafonómicos y diagenéticos de manera que se puedan determinar los procesos de intervención y los materiales que se aplicarán, tomando en cuenta que cada pieza permaneció en paleoambientes distintos y experimentó transformaciones diversas. En particular hablaremos de tres piezas: un cráneo de Gonfoterio de Tlaxcala, una defensa proveniente del Museo Regional de Nayarit y una mandíbula de Gonfoterio del Museo Regional de Guadalajara. En el cráneo de Gonfoterio de Tlaxcala se encontró que la microestructura del hueso está bien conservada; sin embargo, la bioapatita presenta transformaciones, el hueso compacto se permineralizó con carbonatos de calcio y las cavidades neumáticas se rellenaron con otros minerales incluyendo arcillas de tipo esmectítico. Por ello, se trataron con diferentes sustancias tanto el hueso compacto como el interior del cráneo. La defensa sufrió procesos de desmineralización, transformación de la bioapatita y pérdida completa del colágeno; empero, la pieza conserva su forma externa, aunque al interior está completamente fragmentada y parcialmente disgregada. Interesante es resaltar que, durante el proceso diagenético, se formaron distintos minerales de alteración como vivianita ((Fe₂+3(PO₄)₂(H₂O)) entre los anillos de crecimiento y en algunas grietas. Esta valiosa información permitió determinar el proceso de intervención cuyo principal objetivo fue el de conservar la forma de la pieza utilizando un adhesivo y consolidar la estructura de los fragmentos con un remineralizador y un bioconsolidante. La mandíbula de gonfoterio estaba sumamente bien conservada. El hueso mandibular se transformó a fluorapatita, la apatita más estable en condiciones normales, pero no conservó la estructura micromorfológica. No obstante, la dentina y el esmalte conservaron su micromorfología y composición, aunque incorporaron algunos isótopos a la misma. Debido a que esta pieza estaba fragmentada cerca de la sínfisis mandibular se pudo observar que el foramen estaba relleno por sedimentos (arcillas y minerales volcánicos). Además, se detectó una intervención superficial que constó del uso de polímeros como resina sintética, acetato de polivinilo y resanes efectuados con yeso piedra. Ello mermó las características estéticas de la pieza ocultando detalles anatómicos, por lo que el nuevo tratamiento consistió en devolver la unidad anatómica, rescatar la apariencia original de la superficie revelando detalles anatómicos y, por último, recuperar su estética logrando una lectura integral. Por último, cabe mencionar que estos tres ejemplares del pleistoceno tardío están destinados a su exhibición en museos, por lo que las decisiones en cuanto a intervención también se encaminaron a facilitar la lectura para todos los públicos posibles.

PALEO-2

PERTURBACIÓN DE LOS FONDOS OCEÁNICOS DURANTE EVENTOS DE CALENTAMIENTO DEL PALEÓGENO A PARTIR DEL ESTUDIO DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús¹, Alegret Laia² y Thomas Ellen³

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²Universidad de Zaragoza

³Yale University / Wesleyan University
arreguing@uabc.edu.mx

El registro geológico proporciona evidencias que permiten analizar los efectos de cambios climáticos en diversos ecosistemas y ante distintos escenarios. Uno de los periodos críticos en la historia de la Tierra, debido a su intensa variabilidad climática, es el Paleógeno, caracterizado por condiciones de invernadero durante el Paleoceno al Eoceno medio, seguidas por una tendencia de enfriamiento hasta culminar con las glaciaciones del Oligoceno. Aunado al clima invernadero, ocurrieron una serie de eventos de calentamiento extremo definidos principalmente por perturbaciones del ciclo del carbono. El más intenso de esos eventos es el llamado Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM por sus siglas en inglés), que causó perturbaciones severas en la biota tanto marina como terrestre, incluyendo la extinción más severa del Cenozoico de foraminíferos bentónicos de medios profundos. Los foraminíferos bentónicos son susceptibles a oscilaciones climáticas y permiten determinar diversos parámetros fisicoquímicos de las aguas, por lo que se les considera excelentes herramientas para realizar reconstrucciones paleoambientales. Con el objetivo de analizar el impacto de los eventos de calentamiento extremo en los fondos marinos, en este trabajo se evalúa la diversidad de foraminíferos bentónicos antes, durante y después de eventos de calentamiento del Paleógeno en 25 localidades de estudio, incluyendo sondeos oceánicos y secciones terrestres distribuidos globalmente. Se aplicaron pruebas estadísticas enfocadas en el análisis de la distribución de los datos (test Epps-Singleton) y

en el coeficiente de variación (test Fligner-Killeen) para determinar el grado de significancia de los cambios observados. Los resultados obtenidos señalan que, a pesar que la mayoría de los casos de estudio muestran una disminución en la diversidad durante los eventos de calentamiento, son pocos los casos que realmente reflejan un cambio significativo. Los impactos relevantes en los ecosistemas marinos profundos ocurrieron durante el PETM y los eventos Máximos Térmicos del Eoceno 2 y 3 (ETM2 y ETM3). Cabe destacar que, si bien el PETM es el evento de mayor magnitud del Paleógeno, seguido del ETM2, no se ha encontrado una relación directa entre la magnitud del evento y el cambio estadísticamente significativo en la diversidad de estos organismos. Es notable el grado de perturbación que reflejan las asociaciones durante el ETM2 y el ETM3. De acuerdo con estudios previos, cabría esperar que los foraminíferos bentónicos presentes en estos eventos tuvieran una mayor tolerancia a la variabilidad climática del Eoceno, al haber sufrido una gran extinción en el PETM que afectó a las especies más susceptibles, quedando en el Eoceno una fauna dominada por taxones tolerantes. Nuestros resultados apuntan a que los foraminíferos bentónicos debieron presentar un alto grado de vulnerabilidad durante el Eoceno. De tal manera que, para determinar el grado de perturbación de los fondos oceánicos en el pasado, se debe considerar tanto la magnitud de la variabilidad climática como el estado (vulnerabilidad vs. resiliencia) de las asociaciones.

PALEO-3

BRAQUIÓPODOS PORTADORES DE EPIBIONTES ENCrustANTES DEL PÉRMICO MEDIO (ROADIANO) DEL SURESTE DE MÉXICO

Torres-Martínez Miguel Angel
Instituto de Geología, UNAM
miguelatm@geologia.unam.mx

La Formación Paso Hondo (Artinskiano-Roadiano) de la región de Chicomuselo, al sur de Chiapas, se caracteriza por ser una de las unidades litoestratigráficas más fosilíferas del sureste de México, en donde se han descrito numerosos invertebrados y protozoos marinos del Cisuraliano tardío y Guadalupiano temprano. En esta formación se hallaron diferentes especies de braquiópodos de los órdenes Athyridida, Rhynchonellida y Terebratulida del Pérmico medio (Roadiano), portadores de distintos grupos de epibiontes encrustantes. Se reportan 27 especímenes con presencia de esclerobiontes, 14 pertenecen a cinco especies de atirídidos (Composita sp., Composita enormis, C. parasulcata, C. hapsida y Hustedia connorsii), 12 corresponden a cuatro especies de rinconélidos (Tautosia transenna, Pontisia sp., Wellerella lemasi y Phrenophoria ventricosa) y uno sobre un terebratúlido (Texarina cf. solita). Los hospederos están bien conservados, encontrándose en su gran mayoría articulados. Todos los epizoos son calcáreos y se ubican en ambas valvas de los braquiópodos. La asociación de esclerobiontes se compone de briozoos encrustantes del orden Trepostomata, microcóquidos (Microconchus maya), hederelloideos (Hederella carbonaria), así como estructuras de fijación de crinoideos. Los braquiópodos se encontraban asociados a su vez con briozoos verticales, corales rugosos y otros braquiópodos. Las características sedimentológicas de las rocas portadoras indican que la comunidad se depositó en un ambiente de aguas abiertas de una rampa carbonatada de tipo homoclinal, caracterizada por un nivel energético bajo a medio, buena oxigenación, salinidad homogénea, alta productividad y aporte constante de nutrientes. El material descrito se localizó en afloramientos de rocas calcáreas o arcillosas al este del poblado de Monte Redondo, en donde también se han encontrado otros braquiópodos que han sido correlacionados con biotas de las formaciones Cherry Canyon (Miembro Getaway) y Road Canyon de Texas en los Estados Unidos, permitiendo corroborar que la edad de la asociación es roadiana (Guadalupiano temprano). Esta es la primera asociación del Pérmico en su tipo, no solo en México, sino también a nivel global. Se agradece a los proyectos PAPIIT-UNAM IA102618 y IA103920.

PALEO-4

PALEONTOLOGÍA PARA TODOS: UNA ESTRATEGIA INCLUSIVA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Guerrero Arenas Coral Itálú¹ y Guerrero-Arenas Rosalía²

¹Educación Especial MAS+ Centro Escolar y Terapéutico A.C.

²Universidad del Mar
italuguerro@gmail.com

Uno de los principales retos que ha enfrentado la sociedad mexicana es la educación y la administración del tiempo libre de niños y jóvenes. En el caso de los niños y jóvenes con discapacidades, este problema se acentúa más debido a la escasa existencia de recursos educativos digitales enfocados a este sector. El objetivo de este trabajo es compartir la experiencia sobre la inclusión de temas relacionados con Paleontología a través de un taller no presencial, diseñado especialmente para personas con discapacidad. El taller se aplicó a cinco jóvenes entre 16 y 25 años, con Trastorno del Desarrollo Intelectual (TDI) leve a moderado. Los temas que se abordaron comprendieron: a) la transformación de un organismo en fósil, b) la percepción del tiempo geológico, c) la percepción de que han existido más organismos de los que actualmente habitan en el planeta, y d) la percepción de cambio en los organismos. La evaluación de esta actividad se realizó en una entrevista semi-estructurada, dada la naturaleza de esta técnica y las características de los participantes. Las respuestas se grabaron para su posterior interpretación y

análisis. Como resultados, se obtuvo que las personas con TDI muestran dificultades en la comprensión de conceptos que implican temporalidad. Es posible que a través de la adaptación de materiales y contenidos paleontológicos, puedan reforzar las funciones neuropsicológicas que están comprometidas en las personas con discapacidad.

PALEO-5

CARBONATOS CONTINENTALES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN Y LA ISLA DE COZUMEL COMO ARCHIVOS PALEOAMBIENTALES

Valera Fernández Daisy¹, Solleiro Rebollo Elizabeth¹, López Martínez Rafael Antonio¹ y Cabadas Báez Héctor Víctor²

¹Instituto de Geología (UNAM)

²Facultad de Geografía (UAEM)

daisyvalera1988@gmail.com

Las calcretas y carbonatos palustres son dos tipos de carbonatos continentales que contienen información ambiental significativa y se pueden encontrar en entornos cercanos a la costa. En un total de tres secciones estudiadas en la zona costera de la Península de Yucatán y la Isla de Cozumel, se identificaron múltiples capas de calcretas y carbonatos palustres a diferentes profundidades. La presencia de estos carbonatos continentales combinados con calcarenitas sugiere la transición entre depósitos marinos poco profundos a entornos de desarrollo de paleosuelos. Esta investigación analiza las características geoquímicas ($\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$), mineralógicas y micromorfológica de calcarenitas, calcretas y carbonatos palustres para inferir las condiciones paleoambientales de formación de estos depósitos. La mineralogía de las muestras consiste completamente en aragonita y calcita. La micromorfología nos permitió identificar $\#$ -calcretas y $\#$ -calcretas, carbonatos palustres como calizas peloidales / intraclásticas y moteadas. Lass firma isotópica de los carbonatos palustres ($\delta^{13}C$ promedio de -5.24% , $\delta^{18}O$ promedio de -4.9%) es intermedia entre la de las calcarenitas y las calcretas. Los valores de $\delta^{13}C$ (que van desde -10.10 a -7.50%) y $\delta^{18}O$ (-5.63 a -4.64%) de todas las calcretas analizadas son similares a los reportados para calcretas en el área del Mar Caribe durante el Pleistoceno y el Holoceno. Las firmas isotópicas de $\delta^{13}C$ en las secciones estudiadas registran un cambio de vegetación de predominantemente C3 (vegetación asociada con un clima fresco y húmedo), a una vegetación mixta C3 / C4, que es una cubierta vegetal que crece en un clima más seco y cálido.

PALEO-6

AVANCES SOBRE UN ESTUDIO TAFONÓMICO DE UNA ACUMULACIÓN ÓSEA EN LALA'S PLACE, RAMOS ARIZPE, COAHUILA

Venegas-Gómez Carlos¹, Estrada-Ruiz Emilio² y Aguilar-Arellano Felisa Josefina³

¹Maestría en Biociencias, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, ENCB-IPN

²Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, ENCB-IPN

³Centro INAH Coahuila, INAH

carlos_venegas_gomez@hotmail.com

El sitio denominado Lala's Place se encuentra localizado en la Sierra Pinta del municipio de Ramos Arizpe en Coahuila, en este, se ha encontrado evidencia fósil de diversos vertebrados (dinosaurios de las familias Hadrosauridae, Ceratopsidae y de terópodos indeterminados) así como moluscos (bivalvos y gasterópodos). Se ha determinado que los estratos pertenecen a la Formación Cerro del Pueblo del Grupo Difunta, depositados en un ambiente deltaico. El presente trabajo está analizando desde una perspectiva tafonómica, ejemplares de fósiles de vertebrados que se han recolectado en la localidad, tanto en superficie como por excavación. Se revisó cada ejemplar, buscando alteraciones al hueso tanto de origen abiótico (intemperización, abrasión) como biótico (marcas de pisoteo, bioerosión) así como fracturas tanto pre como post fosilización, y en dos elementos seleccionados se realizaron cortes para observar su estructura interna, además, se están analizando las características del conjunto de estudio (grupos Voorhies, presencia de elementos repetidos). El análisis tafonómico indica un depósito en un ambiente de baja energía con una prolongada exposición a intemperización y un enterramiento posterior relativamente rápido (poca abrasión) esto concuerda con la interpretación del ambiente de depósito, una de planicie de inundación, que se está proponiendo para el área, donde los cuerpos quedarían expuestos al ambiente subaéreo por un tiempo, evidenciado por el grado de intemperización y la presencia de bioerosión atribuible a insectos, estos restos posteriormente fueron cubiertos parcialmente en agua salobre poco profunda. Considerando los huesos encontrados hasta ahora, la ausencia de huesos repetidos, su distribución en los grupos Voorhies, y la homogeneidad de su evidencia tafonómica de intemperización y abrasión, se infiere un yacimiento con restos pertenecientes a un individuo de la familia Hadrosauridae que, por características histológicas, así como osteológicas, era un organismo de edad subadulta a adulta.

PALEO-7

UNA NUEVA ESPECIE DE GEÓMIDO DEL OLIGOCENO TEMPRANO DE OAXACA, MÉXICO

Ortiz Caballero Elizabeth¹, Jiménez Hidalgo Eduardo² y Bravo Cuevas Victor Manuel¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, UAEH

²Universidad del Mar

orel05@yahoo.com.mx

Se reporta el hallazgo de una nueva especie de géomido, del género *Gregorymys* (Mammalia: Geomyidae, Entoptychinae). El material perteneciente a este roedor fue recolectado de la Formación Chilapa, en el noroeste de Oaxaca, México y forma parte de la Fauna Local Iniyoo, que tiene una edad absoluta de 28 a 29 Ma, correspondiente a la edad de mamíferos Arikareano 1 (Oligoceno temprano). Se erige como una nueva especie con base en sus características configuracionales y métricas, las cuales son diferentes a todos los entoptychines descritos previamente. La realización de un análisis filogenético usando TNT que consideró a las ocho especies de *Gregorymys* conocidas, permite corroborar que se trata de una nueva especie estrechamente relacionada con *Gregorymys veloxikua*. Tanto *Gregorymys veloxikua* como la nueva especie fueron descritas de la misma localidad fosilífera y son los únicos representantes de la subfamilia Entoptychinae que se han encontrado en México. Por lo que representan el registro más sureño de entoptychines, ya que los demás miembros de la subfamilia se han encontrado en Estados Unidos. Esta nueva especie es uno de los registros más antiguos de géomidos en Norteamérica, lo que sugiere que parte de la diferenciación de los entoptychines estuvo ocurriendo en el sur de México y que los géomidos han tenido una amplia distribución geográfica en Norteamérica desde el Oligoceno.

PALEO-8

BIOESTRATIGRAFÍA DE AMMONITES DE LA FORMACIÓN LA PEÑA (APTIANO, CRETÁCICO INFERIOR) DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, NORESTE DE MEXICO

Barragán-Manzo Ricardo, Moreno-Bedmar Josep Anton, Núñez-Useche Fernando y Álvarez-Sánchez León Felipe

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

ricardor@geologia.unam.mx

Se estudió el registro de ammonites de la Formación La Peña (Aptiano, Cretácico Inferior) de dos secciones estratigráficas, El Cañón de la Boca y El Cañón de la Huasteca, ambas del estado de Nuevo León, noreste de México. La existencia de provincialismo en el registro de ammonites del Aptiano en México ha limitado el uso de esquemas biozonales europeos tanto de la región Mediterránea como de la Boreal. El estudio aquí presentado da continuidad a aportaciones anteriores de este mismo grupo de trabajo, en las que resaltamos la necesidad imperante de definir una biozonación de ammonites independiente para la Provincia del Atlántico Central. La metodología aquí empleada es la habitual en este tipo de contribuciones, pero deben destacarse dos métodos adicionales, una bioestratigrafía cuantitativa y el uso de modelos 3D para mostrar los ejemplares de ammonites más relevantes. Estos métodos no son nuevos, pero son poco utilizados por la mayoría de los especialistas en ammonites del Cretácico Inferior, razón por la cual, este trabajo puede generar bases a seguir. En las secciones estudiadas se reconocieron tres biozonas de ammonites y una sub-biozona: Biozona de intervalo *Dufrenoyia justinae*, Biozona de intervalo *Caseyella aguilerae* y Biozona de intervalo *Kazanskyella minima* y la Sub-biozona de extensión coincidente *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis*. En este trabajo también se han realizado contribuciones taxonómicas en algunas especies de los géneros *Chelonicer*, *Epichelonicer* y *Kazanskyella*. Esto es especialmente significativo en el caso del género *Kazanskyella* porque la Biozona *Kazanskyella minima* probablemente está ampliamente extendida en la Formación La Peña, sin embargo, la dificultad de identificar este taxón mediante ejemplares juveniles ha impedido su reconocimiento. Estas aportaciones taxonómicas vienen fortalecidas por la generación de varios modelos 3D. Finalmente, hemos logrado avances en la discusión sobre la transición del Aptiano inferior/superior proponiéndose varias opciones de estudio para una mejor caracterización de este intervalo en Europa, pues en México está razonablemente bien establecido. Este trabajo constituye un avance en el desarrollo de una zonificación de ammonites del Aptiano de México y por extensión para el desarrollo de una biozonación de ammonites para el Atlántico Central en facies del Cretácico Inferior.

PALEO-9

EL REGISTRO FÓSIL DE ABEJAS EN AMÉRICA DEL NORTE DURANTE EL CENOZOICO

Gurrero-Arenas Rosalía¹, Jiménez Hidalgo Eduardo¹ y Genise Jorge Fernando²

¹Universidad del Mar

²Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia CONICET

rosaliaga@zicatel.umar.mx

El registro fósil de abejas en el norte del continente americano comprende fósiles directos e icnofósiles producidos por estos organismos. Los objetivos de este trabajo es presentar una síntesis con la información del registro fósil de abejas y

destacar la información del registro fósil mexicano en relación con el de Estados Unidos. Los fósiles de abejas en Estados Unidos abarcan ejemplares del Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Pleistoceno. Se han identificado 37 especies distintas y cuatro registros identificados a nivel de género. La mayor parte de la diversidad procede de los yacimientos de Florissant Shale, Colorado. Con respecto al registro mexicano, solamente se ha descrito una especie de abeja melipona, procedente de ámbar de la región de Chiapas, de edad miocénica. Con respecto al registro de trazas fósiles producidas por abejas, en Estados Unidos se han reportado en cinco formaciones que abarcan del Paleoceno-Eoceno al Oligoceno. Muchos de estos registros, aunque están publicados, están erróneamente identificados taxonómicamente. En México, la única formación en donde se han reportado icnofósiles producidos por abejas es la Formación Chilapa, al noroeste de Oaxaca. Las icnitas pertenecen a la familia Celliformidae, y formalmente se han reportado ejemplares del género Celliforma. Como resultado de colectas realizadas entre 2017 y 2020 en la Formación Chilapa, se han identificado cuatro morfotipos no descritos en la literatura. La mayor parte son restos de celdillas, de las cuales algunas conservan restos de los túneles que las conectan. Dos de los morfotipos pueden asignarse al género *Cellicalichnus*, y tentativamente representan nuevas icnoespecies. El tercer morfotipo representa un sistema con celdillas en serie, conectadas entre sí por túneles cortos. El cuarto morfotipo comprende celdillas globosas pequeñas, con restos de túneles. Estos dos últimos morfotipos representan nuevos icnogéneros. Estos nuevos registros permiten afirmar que diversidad de ejemplares de icnofósiles mexicanos de abejas supera a la reportada en Estados Unidos.

crinoideos formarían parte de esta misma paleoprovincia. Se agradece al proyecto PAPIIT-UNAM IA102618.

PALEO-10

EL ÉQUIDO PLEISTOCÉNICO *EQUUS CEDRALENSIS* ES SINÓNIMO JUNIOR DE *HARINGTONHIPPIUS FRANCISCI*

Jiménez Hidalgo Eduardo¹ y Díaz-Sibaja Roberto²

¹Laboratorio de Paleobiología, Universidad del Mar

²Laboratorio de Paleontología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
eduardojh@zicatelamar.mx

Las revisiones taxonómicas más recientes de los équidos pleistocénicos sugieren la presencia de tres o cuatro especies en las localidades mexicanas. De ellas, las dos especies de tamaño pequeño presentan una morfología dental muy similar, y sólo se distinguen por el grado de robustez de sus metapodiales; los de *Haringtonhippus francisci* son esbeltos, mientras que los de *Equus cedralensis* no son esbeltos. Con el objetivo de determinar si *E. cedralensis* fue un équido de patas esbeltas, analizamos una muestra grande ($n = 332$) de équidos norteamericanos con metapodiales esbeltos y no esbeltos, así como 23 metapodiales de *E. cedralensis*. Los resultados de los análisis multivariados y univariados de la muestra estudiada indican que *E. cedralensis* es un équido de patas esbeltas, similar a *H. francisci*, y no con metapodiales robustos como se había considerado en su descripción original. Dado que *Equus cedralensis* tiene una morfología similar a *Haringtonhippus francisci*, y no tiene ninguna característica que permita distinguirlo, la especie mexicana debe ser considerada sinónimo junior de *H. francisci*, de acuerdo con el Principio de Prioridad del Código de Nomenclatura Zoológica (Artículo 23). Estos resultados indican que *Haringtonhippus francisci* tuvo una amplia distribución geográfica en Norteamérica, desde Alaska hasta Chiapas.

PALEO-11

OSCÍCULOS COLUMNARES DE CRINOIDEOS PÉRMICOS DE LA FORMACIÓN GRUPERA (ASSELIANO-SAKMARIANO) DE CHIAPAS, MÉXICO

Torres-Martínez Miguel Ángel¹, Villanueva-Olea Rafael² y Sour-Tovar Francisco²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

miguelatm@geologia.unam.mx

La Formación Gruperá es una secuencia sedimentaria del Pérmico inferior (Asseliano-Sakmariano) que aflora en la región de Chicomuselo, Chiapas, constituida principalmente por lutitas en sus niveles inferiores, areniscas en la parte media, e intercalaciones de lutita y caliza en la parte superior. El ambiente de depósito para esta formación ha sido interpretado de manera general como de aguas someras de baja energía, bien iluminadas y oxigenadas, protegidas del intenso oleaje. No obstante, cambios litológicos evidentes han sido observados a lo largo de la sucesión, lo que implica una mayor variedad paleoambiental que la previamente descrita en la literatura. En esta formación se encontraron y describieron once morfotipos de oscículos columnares, siguiendo la clasificación parataxonómica propuesta por Moore y Jeffords. *Floricyclacion heteromorpha* y *Cyclogruperá* minor son dos géneros y especies recientemente descritos, mientras que *Cyclocaudiculus regularis*, *Heterosteichus keithi*, *Lamprosterigma erathense* y *Cyclocaudex insaturatus*, previamente reportados para el Pensilvánico, amplían sus alcances estratigráficos hasta el Cisuraliano temprano. Otros taxones descritos son *Pentagonopternix?* sp., *Cyclocaudex typicus*, *C. plenus*, *C. jucundus*, *Lamprosterigma erathense*, *Preptopremnum* cf. *laeve* y *Heterosteichus jeffordsi*, los cuales se reportan por primera vez para Chiapas. Debido a que los ejemplares fueron encontrados en una unidad pérmica que ha sido relacionada con la Provincia Grandiana de Norteamérica (Texas y Nuevo México en EUA; Coahuila, Sonora y Chiapas en México; y Palmarito en Venezuela), se sugiere que los

Sesión regular

RIESGOS NATURALES

Organizadores:
David Novelo
Gerardo Suárez

RN-1

ANÁLISIS DE LAS INUNDACIONES EN VERACRUZ, MÉXICO: EFECTOS DEL DESARROLLO URBANO

Zuñiga Tovar Angel Emmanuel¹, Magaña Víctor² y Piña González María Violeta³

¹CONACYT - Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

²Departamento de Geografía Física - Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México
floodrsk@gmail.com

En diversas regiones de México, las inundaciones urbanas generan efectos adversos en la población y economía, debido a su frecuencia y magnitud. Considerando el número de inundaciones a nivel nacional, el Estado de Veracruz es la región del país con el mayor registro de desastres (>50%) en 45 años (1970 – 2015). El proceso de transformación del territorio en los últimos 30 años, ha mostrado ser un factor importante en la frecuencia de inundaciones en el estado, debido al aumento de suelos impermeables. En este estudio, se analiza la dinámica del riesgo de inundaciones urbanas en relación con la tendencia de desastres registrados durante el periodo 1970 – 2015. Se analizan las regiones: i) Río Pánuco, ii) Río Papaloapan y iii) Río Coatzacoalcos, debido a que registran la mayor frecuencia de desastres asociados a inundaciones. Se establecen valores de percentil 95 (P95) como unidad de magnitud para caracterizar el peligro por lluvias intensas. La vulnerabilidad, se determina evaluando el porcentaje de pérdida de suelo natural, debido a cambios en la cobertura y uso de suelo (CCUS) en las cuencas hidrológicas, así como la proximidad de zonas urbanas a cuerpos de agua. La información de peligro (P) y vulnerabilidad (V), se procesa y analiza utilizando un sistema de información geográfica (SIG). Los valores de riesgo calculado, se comparan con los registros de eventos de inundación del periodo analizado. El resultado indica buena relación entre los valores de riesgo calculado con la frecuencia de registros de inundación en las regiones de estudio. También se encontró que los valores máximos de riesgo y los registros de inundación en años recientes (1990 - 2015), muestran mayor relación con la vulnerabilidad asociada con el CCUS, que la observada con el peligro. Los valores de P95, mostraron ser un modulador de la dinámica del riesgo para todo el periodo de análisis. Consideramos que los resultados obtenidos, pueden ser utilizados como herramientas de análisis y gestión del riesgo actual y futuro en las regiones del estado de Veracruz analizadas.

RN-2

EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO ANTE EL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE XALAPA, VERACRUZ

Pérez Córdova Selene Janitzio y Welsh-Rodríguez Carlos Manuel
Universidad Veracruzana
lunajanitzio@gmail.com

Las inundaciones representan el 50% de los riesgos naturales a nivel mundial, que suele ocurrir en zonas con importantes asentamientos urbanos y representa pérdidas humanas, socioeconómicas y ambientales altísimas. Dentro los componentes principales para definir el sistema de riesgo entran, las variables como la intensidad y la duración de la lluvia, así como el grado de vulnerabilidad de una sociedad o ecosistema, donde los impactos pueden variar hasta convertirse en desastres. Las evaluaciones de daños de los peligros naturales proporcionan información elemental para las decisiones y el desarrollo de políticas públicas y México no cuenta con una metodología para este tipo de análisis que permita una estimación de daños económicos potenciales particularmente asociado a inundaciones. Se aplicó un modelo para estimar los daños provocados a nivel vivienda, costos de los picos de crecidas, elementos claves para la toma de decisiones en el desarrollo de políticas públicas, la propuesta metodológica con los modelos hidráulicos e hidrológicos resulta fundamental puesto que ambos análisis se realizan a nivel de cuencas hidrológicas bajo un modelo de elevación de la superficie que permite conocer a la superficie del área de la lámina de agua y la profundidad de una inundación. Sin embargo, la falta de información de uso de suelo es crucial para la estimación de los daños y costos que genera cada tipo de inundación. Este trabajo ayudó a el análisis para una evaluación económica por inundación a nivel vivienda para la ciudad de Xalapa, Veracruz, México.

RN-3

ANÁLISIS DE RIESGOS GEOHIDROLÓGICOS BASADOS EN SR Y SIG DE LA PARTE SURESTE DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Hirales-Rochin Joel
Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de La Paz
joelhiraes@itlp.edu.mx

Los riesgos geológicos e hidrometeorológicos son actualmente responsables de los altos niveles de afectación y destrucción en las zonas urbanas, solo en el siglo XX se estima que más de un millón de personas en todo el mundo han muerto como resultado de los terremotos. En México anualmente, más del 50% de los desastres que ocurren en el país son desencadenados por fenómenos de origen hidrometeorológicos, destacan los huracanes y otros tipos de lluvias torrenciales,

siendo Baja California Sur la entidad con mayor incidencia de ciclones en promedio en el Océano Pacífico noreste. Por ello, la ciudad-capital La Paz se caracteriza por una hidrología superficial intermitente y la carencia de ríos. Sin embargo, la planicie en la que se distribuyen estos escurrimientos hasta su desembocadura en la Bahía de La Paz, originan áreas importantes de inundación en la zona periférica de la ciudad. La metodología para alcanzar los objetivos se basó en la compilación de la información del área de estudio, la recolección de datos y la observación de las condiciones geohidrológicas. Toda esta información se complementó con la tecnología RS y GIS compatible con datos satelitales preparados en el software ArcGIS. Finalmente, se generaron varios mapas temáticos y un mapa final de vulnerabilidad al riesgo geohidrológico. Los resultados contribuyen con nuevos conocimientos geotécnicos para ser utilizados en la zonificación más precisa de los riesgos geológicos e hidrológicos y que juntos son útiles para la planificación y el desarrollo urbano sostenible de La Ciudad de La Paz.

RN-4

DETERMINACION DE RIESGOS NATURALES POR UN SIG EN PUERTO VALLARTA, JALISCO, POR IMPACTOS DE TRES FENOMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS: PATRICIA, LORENA Y WILLA

Muñoz Viveros Manuel, Valdez López Ram#n, Castellón Peña Jorge y Tovar Ramírez Rodrigo
Tecnológico Nacional de México, José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Puerto Vallarta
manuel.munoz@vallarta.tecmm.edu.mx

Puerto Vallarta con una población de 255,681 hab. (INEGI, 2010) localizada en el ecotono de tierra y mar con un paisaje de pie de monte y ha sido impactado por varios huracanes como el Kenna (2002), Rick (2009), Celia (2010), sin embargo Patricia (2015), Lorena y Willa (2018) han dejado daños en la región. El Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Campus Vallarta (ITJMMMyH) cuenta con el CA Ciudad Región y Planificación Urbana Sustentable tienen una estación meteorológica que forma parte de la Red de Monitoreo Ambiental de Bahía de Banderas desde hace 5 años y cuenta con una estación meteorológica donde se registran 36 variables atmosféricas. También imágenes de satélites SPOT y un archivo fotográfico histórico. Los fenómenos meteorológicos (lluvia, huracanes, tormentas severas, ríos y arroyos temperaturas extremas, aludes) los sismos (zonas de riesgo) pero también se presentan incendios, sequías, y los bancos de material y por el otro lado del mar las marejadas. Puerto Vallarta es considerada en el Perfil de Resiliencia Urbana contrario a la mancha urbana que colinda con Bahía de Banderas, en el estado de Nayarit, no es considerada en el Perfil de Resiliencia Nayarit no tiene esas características. Un problema en la Ciudad es que no se han identificado las unidades de riesgos de la zona de algunas de ellas el Ameca, Pitillal, El Cuale y Horcones, impactando en condominios, hoteles en el frente de playa y casas comerciales, mientras que en el sistema de meandro del Río Ameca, hay riesgo de desborde e inunde. Sin embargo el huracán Patricia causa daños y desborde del río Ameca mientras que Lorena con 140 km/h categoría 1 con dirección al sur de la península de Baja California. En su paso por el estado de Jalisco y deja localidades incomunicadas de Mayto y Tehuamixtle. Al menos en dos ocasiones el ITMM ha sido refugio temporal ante los embates de los huracanes por lo que es necesario conocer la geografía y los impactos en la zona por medio de un SIG.

RN-5

IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE UNA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA URBANA: UNA PROPUESTA PARA IDENTIFICAR EL ORIGEN DEL AGUA EN ZONAS EN PELIGRO DE INUNDACIÓN

Mora Chaparro Juan Carlos
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
carlosmora547@gmail.com

En el presente trabajo se presenta una nueva metodología para la identificación y delimitación de Microcuencas Hidrográficas Urbanas, las cuales se delimitan con su parteaguas y su red hidrográfica urbana compuesta por los afluentes urbanos identificados de acuerdo a su orden de clasificación, los cuales descargan sus aguas a una zona en riesgo de inundación. Es una metodología nueva, que al aplicarla se genera un mapa con detalle local con la dirección que sigue el flujo de agua para cada microcuenca hidrográfica urbana, que puede servir de base a las autoridades para localizar sitios estratégicos para colocar obras preventivas, de desviación, retención y retardo de flujo de agua, filtración de agua y zonas de inundación inducida, con la finalidad de disminuir los daños que provoca una inundación. En la actualidad no existe una metodología para la determinación de Microcuencas Hidrográficas Urbanas asociadas a zonas en riesgo de inundación, por lo que al utilizar esta metodología en las zonas urbanas se pueden generar mapas que puedan ayudar a mitigar los daños que provocan las inundaciones. Para poder demostrar esta metodología se tomó como ejemplo una de las 33 microcuencas hidrográficas que se encuentran en la Subcuenca del Río Sabinal, donde se desarrolló la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En esta ciudad se identificaron en riesgo de inundación 88 colonias con 58,888 viviendas (vulnerabilidad física expuesta) y 70,980 personas expuestas (vulnerabilidad social expuesta) al peligro por inundación. El caso de estudio fue la Microcuenca Hidrográfica 24 de Junio (MCH 4) en donde se aplicó la metodología propuesta para identificar y delimitar

una Microcuenca Hidrográfica Urbana 4, 24 de Junio. En esta microcuenca MHU 4 se identificaron cuatro zonas en peligro de inundación con una vulnerabilidad social expuesta de 1,213 habitantes y una vulnerabilidad física expuesta de 304 viviendas, en tres diferentes colonias: 24 de Junio, Grijalva Infonavit y El Bosque. El análisis detallado de toda la zona urbana y natural, permitió identificar y delimitar la Microcuenca Hidrográfica Urbana 4, 24 de Junio (MHU 4, 24 de Junio) con un área de 4,797,472.25 m². La identificación gráfica en un mapa del origen y la dirección que sigue el agua hasta las diferentes zonas en peligro de inundación, sin duda, podrá ser utilizada como una herramienta para reconocer y localizar los sitios idóneos para la construcción de obras de retención, filtración, desviación y zonas de inundación inducida, que permitan mitigar los daños que pudiera provocar una nueva inundación.

RN-6

MÉTODOS ELÉCTRICOS Y GEOTECNIA PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD DE UN TALUD EN TIJUANA, B.C.

Plascencia Arreola Luis Guillermo y Pérez Flores Marco Antonio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
plascencia@cicese.edu.mx

La ciudad de Tijuana Baja California presenta serios problemas relacionados con deslizamientos de tierra rotacionales, debido a que buena parte del crecimiento urbano se ha desarrollado en laderas, donde la inestabilidad del terreno es una amenaza latente. La caracterización de un deslizamiento y los análisis de riesgo requieren un enfoque multidisciplinario que conecte los procesos geológicos con los parámetros mecánicos del suelo. La conexión de estos factores generalmente no se realiza cuando se calcula la estabilidad de los taludes y laderas, es común que las técnicas geofísicas y geotécnicas se analicen por separado. En este trabajo se emplearon modelos de resistividad eléctrica en 3D, 2D y polarización inducida para complementar la información obtenida con pozos de exploración somera (perforados hasta 20 m de profundidad) y pruebas de laboratorio realizadas en muestras de suelo representativas del sitio de estudio, ubicado en la zona Sur-Central de la mancha urbana del municipio de Tijuana. Debido a la naturaleza sedimentaria de las formaciones litológicas del sitio de estudio, los contrastes de resistividad no fueron muy pronunciados, sin embargo, la resolución de los modelos de resistividad en conjunto con la información de los pozos y parámetros mecánicos obtenidos en laboratorio, permitió proponer modelos estratigráficos para realizar el cálculo de estabilidad de laderas y taludes existentes en el sitio de estudio, inclusive en zonas donde no se perforaron pozos. Los resultados de los cálculos de estabilidad permitieron identificar áreas donde es necesario realizar obras de contención o rectificación geométrica

RN-7

SUBSIDENCIA DEL TERRENO Y VULNERABILIDAD A INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO

Pérez Falls Zenia¹, Martínez Flores Guillermo¹, Morales Pérez Rubén Antelmo², Nava Sánchez Enrique Hiparco¹ y Murillo Jiménez Janette Magalli¹
¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR
²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
zperezfalls@alumno.ipn.mx

La planicie costera del sur del Golfo de México presenta una alta vulnerabilidad a procesos costeros e hidrometeorológicos. La zona es susceptible a inundaciones, que al parecer se han exacerbado a causa de actividades antrópicas. La subsidencia del terreno es un fenómeno relacionado tanto a causas naturales (disolución de rocas en el subsuelo, procesos de sedimentación, compactación del terreno y fallas geológicas), como antrópicas (extracción de recursos minerales, de agua subterránea y de hidrocarburos). Este fenómeno puede incrementar la vulnerabilidad a inundaciones en zonas costeras y áreas urbanas. Con la finalidad de establecer la contribución de la subsidencia a la vulnerabilidad a las inundaciones en la ciudad de Villahermosa, se investiga la deformación del terreno mediante técnicas de percepción remota. La ciudad de Villahermosa ha sido escenario de inundaciones que han aumentado su intensidad con una periodicidad de entre 9 y 11 años, desde la primera inundación registrada en 1879 hasta la ocurrida en 2007, siendo esta última la más desastrosa al inundar toda la ciudad por varios días y ocasionar grandes pérdidas económicas. Además, la ciudad de Villahermosa se encuentra a 12 km del campo petrolero Samaria con una concentración de 512 pozos en 10 km², que se han explotado desde la primera década de los años 90. La explotación de hidrocarburos como actividad económica principal contribuyó al crecimiento de la población en la ciudad de 158,216 a 353,577 habitantes en el periodo de 1980 al 2010. La subsidencia del terreno se cuantificó utilizando la técnica DInSAR con 28 imágenes (2014-2018) del satélite Sentinel-1A, de la Agencia Espacial Europea. Estas imágenes se procesaron con el software SNAP, el algoritmo SNAPHU y QGIS. Como resultado se estimó un hundimiento del terreno de 4 cm/año para el periodo 2014-2015 en 327 ha en el noroeste del área, y de 15 cm/año en 6,232 ha para el periodo 2016-2018, en prácticamente toda la ciudad. La continua explotación de hidrocarburos, aunado al crecimiento de áreas podrían ser los factores que contribuyen al aumento de la tasa de subsidencia. Esto a su vez, contribuiría a un aumento de las áreas vulnerables a inundación.

RN-8

ANÁLISIS DE REDES PARA DETERMINAR RUTAS DE EVACUACIÓN EN CASO DE UNA REACTIVACIÓN DEL VOLCÁN TACANÁ, CHIAPAS

Aguilar Aguilar Yeraldin Odalys¹ y Mora Chaparro Juan Carlos²
¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM
²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
the.chick.rock@gmail.com

En el mundo, muchas comunidades están expuestas a diferentes amenazas naturales: terremotos, tsunamis, huracanes, erupciones volcánicas o inundaciones, y pese a que la mayoría de estos eventos no pueden ser prevenidos o pronosticados, una rápida respuesta es fundamental para minimizar su impacto en la población. Aunque, aparentemente, la gestión de la emergencia debe de ser responsabilidad de las Protecciones Civiles, las especiales características de los fenómenos naturales hacen necesario un trabajo en conjunto entre los científicos y los técnicos de la Protección Civil, especialmente en las cuestiones relacionadas con la planificación de la emergencia, que incluye la toma de decisiones en función de la evolución previsible del fenómeno así como la evolución de los escenarios esperados y, en consecuencia, establecer el plan de evacuación acorde con los medios e infraestructuras disponibles y en función del impacto previsto. Es por ello por lo que esta investigación tiene como objetivo la identificación, mapeo y análisis de las rutas de evacuación más eficientes a través de un análisis de redes, el cual puede reducir o mitigar los daños que pudiera ocasionar a la población durante una evacuación masiva en caso de una reactivación del volcán Tacaná. Este volcán se localiza al sur de México en el estado de Chiapas límite con Guatemala, es uno de los volcanes activos de nuestro país y el segundo más peligroso, con una población que supera los 300 000 habitantes en un radio de 35 km de su cima. La metodología de esta investigación se basa en la compilación de la información del área de estudio disponible, la recolección y la actualización de las vías de comunicación y poblaciones de los municipios Unión Juárez, Cacahoatán y Tapachula en donde se localiza el volcán. Posteriormente toda la información recolectada con el uso de herramientas de SIG se integra, es decir mediante intersecciones de la cartografía disponible con nuestras vías de comunicación y poblaciones, construyendo así nuestra primera versión de nuestra red, que para nuestra investigación se define como un grupo de objetos que, forma agrupada o individual, se relacionan con otros con un fin específico caracterizado por la existencia de flujos de información. Posteriormente esta red se transformó en una base de datos con características espaciales y topológicas, mediante el uso de PostgreSQL con las extensiones PostGIS y pgRouting, en las que creamos el modelo de redes que nos representa cada uno de los diferentes peligros encontrados para cada vía de comunicación para realizar el análisis de redes, mediante algoritmos de búsqueda y de una serie de reglas previamente definidas a partir de las condiciones en las que se encuentran las entidades, en donde se identificaron los caminos con menor exposición al peligro para cada poblado y estos serán enmarcados como ruta de evacuación. El resultado de la investigación puede utilizarse como un instrumento de comunicación tanto para las comunidades como para las autoridades tomadoras de decisiones.

RN-9

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA, A PARTIR DE LA INTEGRACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y EL ANALISIS LINEAL 1D DEL SUELO EN MÉRIDA - VENEZUELA

Yegres Luis
Vase Sísmica S.A.S.
yegresla@gmail.com

En este trabajo, se integran varios métodos geofísicos con la información geológica adquirida en el área metropolitana de la ciudad de Mérida - Venezuela, con la finalidad de evaluar la respuesta de sitio. Los métodos geofísicos propuestos son: mediciones de ruido sísmico (H/V) utilizadas para obtener los periodos fundamentales del suelo, datos gravimétricos para modelar el espesor de sedimentos recientes en la terraza aluvial de Mérida y arreglos lineales para obtener perfiles de velocidad de onda cortante (Vs-30) a partir de una variante del método MASW, utilizando en este caso ruido sísmico y cros-correlaciones. (Los datos de estos métodos fueron adquiridos durante múltiples campañas). Finalmente, el enfoque es la cuantificación de la amplificación de onda relacionada con los efectos del sitio en la ciudad. La respuesta elástica del perfil del suelo de 140 m de profundidad con 3 capas de distribución de la velocidad de la onda de corte se sometió a una señal registrada de magnitud (Mw) 4.1, cerca al área estudiada. La simulación se realizó utilizando el software Deepsoil que incorpora el modelo de suelo obtenido a partir de los métodos geofísicos empleados. Los resultados mostraron aceleraciones máximas de 0.22 y 0.25 (g) para periodos de 0.5 y 0.9 s respectivamente, representando la amplificación en superficie, en comparación con la respuesta espectral de este evento en roca.

RN-10

ELABORACIÓN DE MAPA DE VULNERABILIDAD POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LA ZONA DE LOS LLANOS DE SAN JUAN, NORTE DE LA III REGIÓN DEL ESTADO PUEBLA: CASO PARTICULAR DE CUYOACO, PUEBLA, MÉXICO

Téllez de la Cruz Óscar Alexis, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Caba Báez Alfredo Yael, Ventura Marroquín Julia Isabel, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín, Mejía Pérez José Alfredo y Vera Zeller Marco Alejandro
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
oscar.de.andromeda@gmail.com

En la zona norte del Estado de Puebla y en particular la zona centro-oriente, se tienen muchos municipios que año con año se encuentran expuestos a la ocurrencia de movimientos repentinos, pendiente abajo, de masas de suelo y roca en laderas, por lo que al ser la zona de los llanos de San Juan, en el norte de la tercera región del Estado, un sitio vulnerable a los efectos del cambio climático (González, J. L. et al, 2016), es de interés el estudiar estos fenómenos para salvaguardar a la población y evitar que los daños que pudiesen ocasionar lleguen a problemas mayores, para ello es necesario establecer mapas de riesgo en zonas como lo serían las regiones I, II y III, hacia el oriente y norte del Estado. Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron distintas variables para la obtención de los mapas de riesgos y susceptibilidad, como lo son topográficas, geológicas, hidrológicas, uso de suelo, vegetación, vulnerabilidad económica y social, geofísica ambiental, entre otras. Estos mapas fueron realizados con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar el peligro por deslizamientos en los municipios más importantes, por medio de una integración de las distintas variables y así obtener zonas con alta o baja susceptibilidad a este fenómeno. El objetivo principal de este trabajo fue el de obtener un mapa de riesgo en la zona conocida como los llanos de San Juan, considerando al municipio de Cuyoaco como la zona de estudio particular, por tratarse de un municipio muy importante en la región señalada; así mismo, se establecen medidas de mitigación e identificación de zonas de evacuación, siguiendo los pasos sugeridos en el documento titulado Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, propuesto por el CENAPRED.

RN-11

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN PUERTO VALLARTA-BAHÍA DE BANDERAS MEDIANTE EL MÉTODO EMC-SIG

Jaimes Salmerón Diana Laura y Escudero Ayala Christian René
Centro Universitario de la Costa
diana.jaimes.salmeron@gmail.com

El área de estudio pertenece a los Estados de Jalisco y Nayarit, es una zona turística de tamaño mediano, que se localiza en la costa del Pacífico de México, se encuentra dentro de un ambiente tectónico donde la microplaca Rivera se subduce debajo de la placa de América del Norte y se ve afectada por la actividad sísmica. Eventualmente se producen considerables terremotos a lo largo de las zonas de subducción, donde el peligro sísmico es inaplazable, y el nivel de riesgo aumenta por diversas razones, entre las que se pueden mencionar el crecimiento demográfico, el desarrollo urbano en lugares propensos, cambios en el uso de los suelos. El objetivo principal de este trabajo es implementar una técnica para valorar los niveles de riesgo sísmico utilizando los datos disponibles y datos geofísicos. Se realiza una evaluación del riesgo sísmico mediante la implementación de un modelo de Evaluación Multicriterio EMC basado en un Sistema de Información Geográfica SIG. El uso de las técnicas multicriterios basadas en SIG en la evaluación de riesgos sísmicos permite precisar las áreas donde los factores que influyen en la respuesta de la superficie a los terremotos interactúan y aumentan la susceptibilidad a la amplificación del suelo. El mapa de microzonificación sísmica de Puerto Vallarta se realizará utilizando un conjunto de criterios de capas temáticas, es decir, valores máximos de aceleración del suelo, tipo de suelo, gradiente de pendiente, geología asimismo datos geofísicos, Vs30, H/V, Ts. Se llevara a cabo la integración de los criterios establecidos mediante la implementación del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para asignar un peso a cada criterio de acuerdo con su contribución al riesgo sísmico. Los mapas temáticos se integraran utilizando un SIG de acuerdo con los pesos ya normalizados. Así se clasificara la microzonificación de riesgo sísmico de Puerto Vallarta en diferentes niveles de riesgo.

RN-12

RIESGO POR INUNDACIÓN EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DEL CARIBE MEXICANO. EL CASO DE LA COLONIA COMITÉ PROTERRITORIO, CHETUMAL, QUINTANA ROO

Camacho Sanabria José Manuel¹ y Mora Chaparro Juan Carlos²
¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Universidad de Quintana Roo, Conacyt-Uqroo
²Universidad Nacional Autónoma de México
jmanuelcs@live.com.mx

Las ciudades costeras del Caribe Mexicano son territorios vulnerables ante la presencia de amenazas hidrometeorológicas, principalmente huracanes e inundaciones. Chetumal, capital del estado de Quintana Roo, es una ciudad que, con frecuencia, reporta inundaciones pluviales durante el período de huracanes y la época de frentes fríos o nortes, ocasionando con ello afectaciones en algunas colonias que conforman esta localidad urbana. El objetivo de este estudio es analizar el riesgo por inundación en una cuenca hidrográfica urbana de Chetumal (colonia Comité Protterritorio), a partir de la revisión documental, trabajo de campo y la aplicación de los principios del análisis espacial: localización, distribución, asociación, interacción y evolución. Como resultados, se localizaron seis zonas de inundación (entre 20 y 50 cm de tirante de agua) distribuidas espacialmente por la colonia Comité Protterritorio y espacios adyacentes. También se asociaron las condiciones de vulnerabilidad física (viviendas particulares habitadas y comercios) y social (número de habitantes afectados) con las áreas de peligro de inundación. Otro resultado importante fue la identificación de las zonas de recarga que interactúan (inciden) con las áreas de peligro. Entre los principales factores que han influido en el riesgo por inundación en esta colonia han sido la falta y deterioro de la infraestructura pluvial, y el cambio de uso del suelo; este último a causa del reemplazo del área verde (selva mediana superperenifolia) por la construcción de centros comerciales (Soriana en 2012, Aurrera en 2015 y Coppel en 2018) y un conjunto residencial (del Sol en 2012).

RN-13

ANÁLISIS HIDROGRÁFICO URBANO PARA EL ESTUDIO DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE CHETUMAL. EL CASO DE LA COLONIA BARRIO BRAVO

Tadeo Cupul Gerardo Yael¹, Camacho Sanabria José Manuel², Mora Chaparro Juan Carlos³ y Chávez Alvarado Rosalía²
¹Universidad de Quintana Roo, UQROO. División de ciencias e Ingeniería.
²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Universidad de Quintana Roo. División de ciencias e ingeniería
³Universidad Nacional Autónoma de México
gerardotadeoc@gmail.com

Los riesgos hidrometeorológicos representan hoy en día una gran problemática en la sociedad, particularmente en las zonas urbanas, donde los impactos pueden incluir: daños a viviendas, deterioro de infraestructura de servicios, pérdidas de bienes personales, alteraciones a la vida cotidiana de los individuos, y demás repercusiones sociales y económicas. Este trabajo analiza el riesgo de inundación desde la descomposición de sus factores: peligro y vulnerabilidad, incluyendo además técnicas de análisis hidrográfico urbano. El área de estudio del presente trabajo es la colonia denominada Barrio Bravo, la cual está ubicada en la zona costera de la bahía de Chetumal. De acuerdo con el atlas de riesgo municipal 2011, dicha colonia se encuentra en zona de riesgo de inundación, de marea de tormenta y de hundimientos, lo cual indica que son múltiples factores los que pueden causar daños a los habitantes de la zona, por ello las estrategias de mitigación del riesgo deben ser estudiadas con detenimiento, a fin de reducir los impactos de las inundaciones. Fueron empleadas técnicas de análisis hidrográfico, a través de las cuales se detectó una zona de riesgo de inundación, realizando una justificación técnica e histórica del riesgo. Consecutivamente se realizó la delimitación de polígonos de peligro y de vulnerabilidad física y social expuesta, con el fin de constituir el riesgo. Finalmente se analizaron cuencas y/o microcuencas asociadas con el área inundable, esto con la finalidad de saber cuál es el origen del agua acumulada en dichas zonas de peligro y de esa forma poder proponer estrategias de mitigación del riesgo en la zona de estudio. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante su aplicación en la colonia Barrio bravo en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

RN-14

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI, DOS CASOS DE ESTUDIO: SALINA CRUZ Y HUATULCO

Vázquez Caamal Miriam Lizzeth¹, Melgar Diego² y Solano Ericka Alinne¹
¹Universidad del Mar campus Puerto Ángel
²University of Oregon
mirlizsuj03@gmail.com

El pasado 23 de junio de 2020 tuvo lugar un sismo de magnitud 7.4 con epicentro al noreste de Crucecita, Oaxaca, el cual generó un tsunami moderado cuyas

amplitudes de ola fueron registradas por estaciones mareográficas en la costa del Pacífico mexicano. Se registraron alturas de ola máximas de 1.4 m en Salina Cruz, Oax., de 0.6 m en Huatulco, Oax., y de 0.26 m en Puerto Chiapas, Chis. En Huatulco el riesgo asociado al tsunami fue menor debido a que hubo un levantamiento cosísmico de 55 cm en ese lugar. Debido a este evento, y a otros que han ocurrido en la región en los últimos años, se ha acentuado la necesidad de conocer las áreas con riesgo de inundación en caso de un tsunami. Tomando como referencia el sismo de San Sixto del 28 de marzo de 1787 (M=8.6), se hicieron simulaciones de tsunamis usando el programa GeoClaw (LeVeque et al., 2011) para la propagación. A partir de los casos más representativos de estos modelos, se realizaron escenarios de inundación para las localidades de Salina Cruz y Huatulco, debido a que son asentamientos costeros de relevancia dentro del estado de Oaxaca y al reciente historial con eventos de tsunami. Dentro de los resultados, se identificaron las zonas en donde la inundación es mayor debido a la interacción con la topografía de la región. A su vez, se identificaron las zonas de mayor riesgo de inundación por tsunami, las cuales se caracterizan por la presencia de bajos topográficos y geomorfología asociada a cuerpos de agua costeros como canales de ríos y lagunas costeras. Los resultados de este trabajo podrían ser implementados por Protección Civil Municipal para la evaluación de zonas de riesgo por tsunami y rutas de evacuación.

RN-15

RIESGOS COSTEROS-CICLONES TROPICALES EN LA CIUDAD DE CANCÚN, MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO, MEX.

Coba Báez Alfredo Yael, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Ventura Marroquín Julia Isabel, Téllez de la Cruz Oscar Alexis, Rosas Rosales Perla Sagrario, Mejía Pérez José Alfredo, Castillo Pensado Juan Luis y Alonso Ruíz Francisco Martín
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
a.yael.cb@gmail.com

Los ciclones tropicales se caracterizan por producir fuertes vientos, un elevado oleaje y una sobre-elevación del nivel del mar junto con abundantes lluvias; todo esto puede llegar a representar un gran coste humano y de recursos económicos a escala mundial. México presenta una alta vulnerabilidad a este tipo de eventos, mayormente en la zona de litorales, ya que se encuentran entre el océano Pacífico y el Atlántico Norte, región donde se forma una gran cantidad de ciclones tropicales; aunado a esto, hay que considerar que a lo largo del país existen grandes ciudades asentadas muy cerca de sus costas, generando un alto riesgo de pérdida de vidas humanas. En el caso particular de la ciudad de Cancún, esta se caracteriza por ser uno de los principales atractivos turísticos a nivel internacional en los últimos años, superando a ciudades características y tradicionales como Acapulco, Guerrero; Los Cabos, Baja California Sur; Veracruz, Veracruz; entre otros, por lo que la prevención ante estos fenómenos meteorológicos debe ser muy meticulosa. A pesar de que en la actualidad se les da un amplio seguimiento a estos eventos, gracias a diversos equipos como satélites, radares meteorológicos, aviones "caza-huracanes", entre otros; existen ocasiones en las que no resultan suficientes para evitar los daños que puedan causar. Es por esta razón que es imperativo que la población conozca los riesgos a los que se expone, así como los planes de prevención y respuesta con los que se cuenta en la ciudad. En el presente trabajo se contemplan ejemplos característicos de huracanes que han afectado a esta zona del país, así como una aproximación teórica de la posible afectación de un huracán para esta ciudad.

RN-16

EVALUACIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO EN UNIÓN JUÁREZ, CHIAPAS

Hernández Bello María Guadalupe¹ y Novelo Casanova David Alberto²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM
bluestar_06@hotmail.com

En el presente estudio se analizó el riesgo volcánico de la cabecera del Municipio de Unión Juárez, localizada en el estado de Chiapas, ante una erupción del volcán Tacaná. A pesar del impacto a las comunidades aledañas durante la erupción freática del Tacaná en 1986 y su actividad hidrotermal, existen escasos estudios orientados a conocer el grado de vulnerabilidad de la población expuesta, lo cual resulta indispensable para determinar el riesgo volcánico de esta comunidad. Se realizó la evaluación de cinco tipos de vulnerabilidades: física, estructural, social, económica, técnica y física. La información para la evaluación de la vulnerabilidad se obtuvo por medio de la aplicación de encuestas en la cabecera municipal de Unión Juárez considerando una muestra mínima representativa de 380 viviendas para encuestar y una selección aleatoria de estas viviendas. Los resultados indican que en general, la cabecera municipal de Unión Juárez tiene vulnerabilidad social baja, vulnerabilidad económica alta, vulnerabilidad técnica muy baja, vulnerabilidad estructural alta para las explosiones volcánicas laterales, flujos de bloques y lava, caída de ceniza, y lahares. Por otro lado, se obtuvo una vulnerabilidad global baja para la cabecera de Unión Juárez. Se realizó la categorización de los diferentes peligros volcánicos existentes ante una erupción del volcán Tacaná con base a estudios previos sobre simulaciones y registros geológicos. Se determinó que esta comunidad presenta un riesgo alto ante los diferentes peligros de origen volcánico a los que se encuentra expuesta (flujos piroclásticos, lahares y explosiones laterales)

excepto para los flujos de lava debido a que las propiedades físicas de éstos no es común que alcancen largas distancias. Para un nivel de peligro bajo de caída de ceniza el riesgo consecuentemente será bajo. Sin embargo, al presentarse un nivel alto de peligro por este tipo de evento, el riesgo se incrementa de manera importante. Los resultados son representados espacialmente en un Sistema de Información Geográfica. El proyecto fue desarrollado con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (PAPIIT No. IN11217).

RN-17

SINERGIA SIG - SENSORES REMOTOS PARA LA EVALUACIÓN NO DESTRUCTIVA DE LA INFRAESTRUCTURA URBANA

Escobedo Tamez Andrea, Yépez Rincón Fabiola D., Chávez Gómez Jorge, Fajardo San Miguel Gerardo y Ferrño Fierro Adrián
Universidad Autónoma de Nuevo León
andreaescobedo6200@gmail.com

Gracias a los grandes avances tecnológicos, el desarrollo de la computación, los bajos costos de obtención de las imágenes y a las ventajas que presenta en cuanto a resolución, los sensores remotos están siendo utilizados en campos donde antes no era tan común, como en la ingeniería civil; se ha utilizado esta tecnología para solucionar problemáticas relacionadas con estudios de infraestructura urbana, infraestructura hidráulica, infraestructura de transporte, entre otros. Para conocer el estado en que se encuentra dicha infraestructura, se llevan a cabo diferentes inspecciones, según las necesidades que surjan en ella. Actualmente las técnicas de inspección empleadas se basan en el reconocimiento visual, en la cual la principal dificultad es la accesibilidad a todas las zonas de deterioro de las estructuras que tienen grandes alturas o dimensiones, además del riesgo de los ingenieros o técnicos que las realicen de tener algún accidente. Por este motivo, se buscan otros métodos que puedan aportar a tales inspecciones como, por ejemplo, los vehículos Aéreos No Tripulados con cámaras y sensores integrados y el uso del LIDAR. La utilización de sensores remotos como fuente de información permitirá un nuevo proceso de inspección, el cual dejará de ser solamente visual y únicamente bajo el criterio del ingeniero que la realice. La inspección con estos sistemas garantiza mayor agilidad y seguridad, además de ayuda en la interpretación y análisis para el diagnóstico de manifestaciones patológicas. Esta investigación hace uso de información 3D (nubes de puntos) y 2D (imágenes) obtenida de un levantamiento con LIDAR y de fotografías tomadas con cámara digital, respectivamente, para la identificación de agrietamientos y otros daños en la infraestructura urbana de concreto reforzado, además de información sobre su geometría, con el fin de desarrollar una herramienta con la que se puedan localizar y monitorear diferentes daños de manera remota y automática, lo que ayudará a evitar la interrupción del tráfico y de los servicios que presta dicha estructura, ya que esto representaría grandes pérdidas económicas, caos vehicular, etc.

RN-18

LA FALLA TLACAELE: UNA ESTRUCTURA GEOLÓGICA ACTIVA EN EL VALLE DE CHILPACINGO, GUERRERO, MÉXICO

Pérez Gutiérrez Rosalva¹ y Durand Maya Rafael²
¹Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero
²Protección Civil Guerrero
rperezg@uagro.mx

En el año 2103, los fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel causaron afectaciones importantes en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero; principalmente, asociadas a procesos de remoción en masa. En la Colonia Tlacaele, algunas viviendas empezaron a presentar agrietamientos ligeros en sus muros; posteriormente, a partir del sismo del 19 de septiembre de 2017, en veintidós casas los daños aumentaron exponencialmente de ligeros a fuertes, primordialmente con agrietamientos en muros y pisos. Por lo anterior, y con el fin de determinar el origen de las afectaciones, se llevó a cabo la caracterización geológica del sitio, que incluyó la descripción de las rocas, el levantamiento de las discontinuidades identificadas en el terreno e inmuebles; así como la evaluación de daños estructurales en viviendas. Las rocas que afloran en la zona pertenecen a la Formación Chilpancingo, caracterizada por una serie sedimentaria asociada a corrientes fluviales y a condiciones lacustres temporales. La secuencia está compuesta, de la base a la cima por: areniscas y margas de grano fino dispuestas en capas delgadas; areniscas de grano grueso con fragmentos líticos de caliza y rocas volcánicas; y conglomerado de grano fino compuesto por clastos de rocas volcánicas y caliza. La variación del tamaño de los fragmentos, y la diferencia en tipo y cantidad de matriz, determinan distintos grados de compactación-litificación, así como diferenciación en la permeabilidad del paquete litológico. En cuanto a las estructuras geológicas, a partir de la traza de fracturas en el terreno y en algunas de las viviendas, aceras y bardas, se determinaron por lo menos tres sistemas de discontinuidades: F1) estructuras con orientación N 38°; F2) discontinuidades orientadas N 121°; y F3) grietas con rumbo N 85°. La integración de los datos geométricos de las discontinuidades en la imagen satelital, permitió determinar que la ubicación de las grietas y los daños están a lo largo de una franja, de aproximadamente 300 metros de ancho, que tiene una orientación noreste-sureste. El desplazamiento

de algunos elementos (muros, castillos, pisos, entre otros) y la identificación del desplazamiento mostrado en una baqueta, fue clave para determinar el tipo de fallas geológicas y definir la dirección del movimiento de las mismas. En este sentido, F1: corresponde a fallas de tipo lateral derecho, F2: son fallas laterales izquierdas y F3: tienen un movimiento lateral derecho. El sistema F1 representa la falla geológica principal, aquí denominada como Falla Tlacaelle, con una orientación promedio de N 40°, los sistemas F2 y F3 son estructuras asociadas con cizalla simple, dentro de la zona de falla de rumbo lateral derecha. Es evidente que la falla Tlacaelle ha mostrado una actividad lenta pero continua, documentada por los vecinos por lo menos a partir del 2013 a la fecha. Las viviendas consideradas dentro del límite de daños presentan afectaciones estructurales que se han incrementado de manera progresiva y exponencial, dejando a finales de 2019 ocho viviendas inhabitables (a punto de colapsar). Probablemente, la línea de falla continúe temporalmente manifestándose en su extensión y provocando más daños estructurales, como ha venido ocurriendo hasta ahora.

RN-19

TRASFORMACIÓN URBANA E INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Juárez Sánchez Andrea y Novelo Casanova David Alberto
Instituto de Geofísica, UNAM
 andjs15@gmail.com

Desde la fundación de la Ciudad de México (CDMX), el control del agua como uno de los recursos más importantes de la región se convirtió en una de las piezas claves para la configuración espacial de la ciudad. Si bien el recurso hídrico presente en la cuenca de México era indispensable para llevar a cabo las actividades diarias de la población, también representaba un peligro para la comunidad en caso de precipitaciones extremas. Al fundarse la capital del país dentro de una cuenca cerrada, las anegaciones naturales de la región originadas por abundantes y copiosas precipitaciones comenzaron a traer consecuencias negativas dentro de la región. Por otro lado, el acelerado crecimiento poblacional y la exigencia de recursos para las actividades cotidianas, sobre todo de agua potable; han sido dos de las problemáticas presentes a lo largo de la historia de la CDMX y por las que la cuenca de México ha estado en constante transformación. En el marco de esta investigación, se presenta un registro de las inundaciones acontecidas en la Ciudad de México desde el año de 1920 hasta el año 2018. El principal objetivo es evidenciar que la presencia de las inundaciones en la CDMX se encuentra relacionada con el crecimiento urbano de la CDMX, y ésta a su vez, está condicionada por la gestión gubernamental sobre el control del agua, desde el abastecimiento de agua hasta el control de inundaciones. Los resultados son representados e interpretados cartográficamente con el objetivo de identificar las alcaldías que han sido más afectadas históricamente. Los productos finales permitirán analizar la variabilidad de las inundaciones en la CDMX y serán una herramienta adicional para la gestión del riesgo por inundaciones ya que permiten conocer e identificar los procesos urbanos en los que se desarrolla una amenaza con el potencial de generar daño a la población e infraestructura expuesta. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (Convenio SECITI/112/2017).

RN-20

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE RIESGOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO: PRINCIPALES RESULTADOS

Hernández Hernández Aurora¹ y Novelo Casanova David Alberto²
¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
 marlex053@gmail.com

Los Atlas de Riesgos son sistemas que integran información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno con un determinado nivel de vulnerabilidad. De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención y Desastres (CENAPRED), los datos que se generan en un Atlas de Riesgos son considerados como una herramienta para emitir recomendaciones para la oportuna toma de decisiones en la prevención y atención de desastres. El Instituto de Geofísica de la UNAM ha coordinado la elaboración del Atlas de Riesgos de la Ciudad de México y cuenta con la colaboración de investigadores de otros institutos de investigación de la UNAM y del CENAPRED. En esta fase del proyecto se consideran los siguientes fenómenos perturbadores: sismos, subsidencia del terreno, agrietamiento, erupciones volcánicas, inundaciones, procesos de remoción en masa e incendios forestales. Para las evaluaciones del riesgo se ha considerado la vulnerabilidad socioeconómica y estructural. La representación espacial del riesgo, vulnerabilidad y peligro se encuentra incorporada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que facilita su interpretación, análisis, y actualización. Se presentarán los principales resultados incluyendo mapas de susceptibilidad, mapas de peligro, inventario de fenómenos perturbadores, análisis de vulnerabilidad y mapas de riesgos. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (Convenio SECITI/112/2017).

RN-21

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO GEOCLAW EN EL PACÍFICO MEXICANO ANTE CAMBIOS EN LA PARAMETRIZACIÓN DEL REFINAMIENTO ADAPTATIVO DE MALLA

Gómez-Ramos Octavio¹, Miyashita Takuya², Mori Nobuhito², Cruz Ateñza Víctor Manuel¹, Ito Yoshihiro² y Zavala-Hidalgo Jorge³

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

³Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

octavio@geofisica.unam.mx

En este trabajo se realiza un análisis de sensibilidad del modelo numérico GeoClaw ante cambios en los parámetros que controlan el refinamiento adaptativo de malla (AMR - Adaptive Mesh Refinement), con el objetivo de disminuir el tiempo de cómputo sin perder fiabilidad en el resultado. La zona de estudio es el Pacífico Mexicano, con una resolución espacial que varía de 810 m en el pacífico sur, a 30 m en la zona de Zihuatanejo. Se realizan dos tipos de análisis, en el primero se utilizan escenarios de tsunamis basados en sismos sintéticos de magnitudes 7.8, 8.2 y 8.6 para identificar y cuantificar la sensibilidad de los resultados. La comparación de las salidas se hace sobre 350 estaciones virtuales ubicadas a lo largo de la costa y la plataforma, y también se comparan las inundaciones generadas por los tsunamis de los distintos escenarios. En el segundo análisis se utiliza un tsunami local real, el cual corresponde al generador por el sismo de magnitud 8.2 ocurrido al suroeste de Pijijapan, Chiapas, el 7 de septiembre de 2017, y los resultados se comparan con datos recabados por las estaciones de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional.

RN-22

PUNTOS 3D PARA EL REGISTRO DE LA DEFORMACIÓN EN MONUMENTOS HISTÓRICOS, CASO DESLIZAMIENTO DE IHUATZIO, MICHOACÁN

Hernández Madrigal Víctor Manuel

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra
 victor.hernandez@umich.mx

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el deslizamiento y la deformación de la estructura piramidal sur del complejo Ihuatzio, mediante la comparación multitemporal de nubes de puntos 3d obtenidos mediante LiDAR terrestre. La obtención de dos nubes de puntos, cada una conformada por ocho registros estratégicamente distribuidos en el perímetro de las dos estructuras piramidales, permitió obtener la topografía base a gran escala del complejo Ihuatzio, así como la morfología y morfología del proceso de remoción en masa que afectó la esquina suroeste de la estructura sur. Este colapso con dirección NE-SW y profundidad de 2.5m, corresponde a un deslizamiento ¿rotacional? cuyo cuerpo es conformado por bloques angulosos de roca andesítica basáltica (diámetro<50cm). Este cuerpo inestable fue detonado por una precipitación intensa registrada durante el desarrollo del huracán Willa en octubre del 2018. La comparación multitemporal de dos nubes de puntos, la primera registrada el 20 marzo del 2015 (previa al colapso) y la segunda el 31 de octubre del 2018 (posterior), revela además deformaciones por expansión de entre 5 y 20mm en caras adyacentes al colapso anteriormente referido, por lo que la estructura piramidal puede registrar un colapso mayor. La nube de puntos 3d registrada anterior al colapso, constituye una referencia digital estratégica para el análisis de deformaciones futuras, así como para el trabajo de reconstrucción y la administración de este importante sitio arqueológico michoacano.

RN-23 CARTEL

PROPUESTA DE ESTUDIO DE RIESGO POR OCURRENCIA DE GRANIZO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA BASADO EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS

Quintana Rodríguez Nivian, Castillo Aja María del Rocío,
 García Concepción Omar y Morales Hernández Julio César
 Universidad de Guadalajara
 nivian.quintana9098@alumnos.udg.mx

La ocurrencia de granizo representa una amenaza considerable para la población y los bienes materiales en México, según el CENAPRED (2014) es uno de los eventos que, desde el punto de vista local, ocasiona mayor cantidad de daños durante la época de lluvias. En Jalisco y, en particular en el AMG, se contabilizan cada año un promedio de 16 eventos de fuertes tormentas con granizo que impactan las actividades diarias de la sociedad, y provocan daños materiales y a la población con pérdidas económicas principalmente en los sectores de transportación terrestre y aérea, así como en las viviendas. La ocurrencia de granizos está determinada por la presencia de un fondo sinóptico (patrones de circulación atmosférica de superficie y aire superior) que propicia condiciones de inestabilidad y, por lo tanto, favorece el desarrollo de eventos de mesoescala, en cuyo seno se desarrollan fenómenos locales, o de microescala, que dan lugar a la precipitación de granizos en un espacio geográfico particular. Por lo tanto, la identificación del peligro potencial por ocurrencia de granizos en Guadalajara y la zonificación de los niveles

de susceptibilidad particulares, permitirá caracterizar el grado de exposición ante granizos, y servirá de base para el diseño de un sistema de alertamiento para este tipo de fenómenos. Un conocimiento más profundo del fenómeno natural, así como las características particulares de la ciudad de Guadalajara que condicionan una susceptibilidad diferenciada en su territorio, además de la identificación de los elementos expuestos, constituyen aspectos indispensables para la propuesta y diseño de un Sistema de Alertamiento para Granizos en el Área Metropolitana de Guadalajara (SIAG-GDL). Dicho sistema, además de desempeñar un papel concreto en las etapas de monitoreo y alertamiento, contribuirá con la mitigación del riesgo que constituye un componente indispensable en el proceso de gestión del riesgo.

RN-24 CARTEL

CONDICIONES TERMODINÁMICAS QUE FAVORECEN LA OCURRENCIA DE GRANIZOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

García Rocío¹ y García Concepción Omar²
¹Universidad de Guadalajara, UDG
²IAM
 rocigarcast@gmail.com

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas, y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. De manera que, emprender el estudio de los fenómenos extremos que se presentan asociados a las tormentas locales severas en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMP) y en específico la ocurrencia el granizo es una cuestión de carácter práctico, relacionado con la seguridad pública y con la adopción de medidas para minimizar los efectos negativos que ellas producen. En esta investigación se determinarán las características termodinámicas que determinan la ocurrencia de granizo en el Área Metropolitana de Guadalajara. Para el cálculo de las variables se accedió a los datos de reanálisis ERA-Interim con una malla de 0.125° (~14km) sobre el Área Metropolitana de Guadalajara. Se utilizaron los datos diarios cada 6 horas de las variables humedad relativa, altura geopotencial, temperatura y viento en los niveles 1000 hPa, 975 hPa, 950 hPa, 925 hPa, 900 hPa, 875 hPa, 850 hPa, 825 hPa, 800 hPa, 775 hPa, 750 hPa, 700 hPa, 650 hPa, 600 hPa, 550 hPa, 500 hPa, 450 hPa, 400 hPa, 350 hPa, 300 hPa, 250 hPa, 225 hPa, 200 hPa, correspondientes al periodo desde los años 2006 hasta el 2018, también se utilizó la base de datos de reportes de Tormentas Eléctricas Locales Severas en el Área Metropolitana de Guadalajara, del IAM del 2006 al 2018. Utilizando los datos de Reanálisis se calcularon los valores medios de estas variables: Temperatura en 500 hPa, Temperatura en 700 hPa, Humedad específica en 500 hPa, Humedad específica en 700 hPa, Altura de la Isoterma de 0°C y Altura de la Isoterma de 0°C de la temperatura del bulbo húmedo; entre los años 2006-2018, con el fin de conocer la marcha anual media de las mismas y para futuras comparaciones de los valores medios con valores singulares en días con tormenta de granizo. Con el fin de encontrar valores umbrales de estas variables discriminando así la ocurrencia de granizo, se escogieron 14 casos de tormentas donde hubo caída de granizos y 14 casos de tormentas donde no ocurrió este fenómeno, ambos en el Área Metropolitana de Guadalajara. De la base de datos de tormentas severas se escogieron de forma tal que no hubiera un lapso muy grande entre las tormentas con granizo y las tormentas sin granizo. A partir de los datos de reanálisis se calcularon las variables antes analizadas para los días y horas de las tormentas y además se interpolaron los valores a las coordenadas donde fueron reportadas las mismas.

RN-25 CARTEL

RELACIÓN (Z-R) DEL RADAR DOPPLER PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Miró González Adrián, Ortíz Bañuelos Alma Delia y García Concepción Omar
 Universidad de Guadalajara, UdeG
 adrianmrogonzalez@gmail.com

El área metropolitana de Guadalajara (AMG) se caracteriza como una zona endeble ante la presencia de fuertes precipitaciones, debido a varios factores (topografía, la infraestructura, asentamientos irregulares, población de cinco millones de habitantes, entre otros) que favorecen a las frecuentes inundaciones en cada temporal de lluvia, generando daños materiales, económicos y en ocasiones hasta de vidas humanas. Por lo anterior, el pronóstico del tiempo a corto plazo en el AMG juega un papel muy importante, razón por la cual se adquirió el Radar Meteorológico Doppler; herramienta que ha permitido principalmente en los años más recientes, brindar alertas a los tomadores de decisiones y al público en general al informarles donde llueve y hacia donde se dirige. Debido a la falta de mediciones por pluviómetros en el área de estudio, de manera provisional se ha obtenido una relación entre la intensidad de la lluvia y la reflectividad, asociando la intensidad lluvia que se observaba en diferentes municipios con los colores correspondientes a los valores de reflectividad que mide el radar. Hasta el momento dicho método había funcionado para las alertas, pero con el fin de que elaborar un pronóstico

más preciso, además proporcionar datos como herramienta para la modelación hidrológica distribuida, aprovechando la excelente resolución espacial del radar comparada con las estaciones meteorológicas. Debido a que con el paso de los años la red de estaciones meteorológicas a mejorado en los principales municipios del AMG. En este trabajo calculamos la relación Z-R con datos del radar de las tormentas del año 2019 donde al menos en uno de los intervalos de 10 minutos medidos existiera una precipitación mayor o igual a 5 mm, pues de nuestro interés serán las tormentas que provocan lluvias intensas, las que ha su vez causan fuertes inundaciones en el AMG de un gran impacto negativo tanto en la sociedad como en la economía. A partir de dicha información de precipitación y la brindada por el radar; mostraremos los resultados preliminares que se ajustan a la curva. Conforme se van sumando más datos se hacen más fiables los resultados y el ajuste mejora considerablemente.

RN-26 CARTEL

AVANCES ESTRATIGRÁFICOS EN EL ANÁLISIS DE DEPÓSITOS DE LAHAR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CUTIO, PERIBÁN DE RAMOS, Y EL EVENTO DE INUNDACIÓN DEL 23 DE SEPTIEMBRE DE 2018 EN PERIBÁN DE RAMOS MICHOACÁN

García Tenorio Felipe¹, Vázquez Morales Rosario²,
 Mendiola López Fabiola³ y Carlón Allende Teodoro⁴
¹Laboratorio de Petrografía, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla
³Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
⁴Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
 tenoriogf@geofisica.unam.mx

La Subcuenca del Río Cutio situada en la vertiente NW del volcán Tancitaro experimentó un evento de inundación súbita el 23 de septiembre de 2018, originando además de daños materiales la pérdida de 7 vidas humanas. Este fenómeno motivó a hacer un estudio sobre las causas que originaron el fenómeno de inundación, así como llevar a cabo un análisis multidisciplinario sobre peligros de inundación en la subcuenca del río Cutio y otras subcuencas de la vertiente NW del volcán Tancitaro, entre estos análisis estratigráficos de depósito de lahares. En el presente resumen se muestran avances de los estudios estratigráficos de la subcuenca del Río Cutio. Los estudios de campo y cartográficos sugieren que en la subcuenca han ocurrido al menos cinco eventos de lahar (A, B, C, D y E), entre ellos uno relacionado con el evento del 23 de septiembre de 2018. Los lahares son de tipo flujo de escombros (A, B, C y D) y uno es flujo hiperconcentrado (lahar E, del 23 de septiembre de 2018). Cuatro de los depósitos lahar (A, B, C y D) se les infirió por relaciones estratigráficas son de edad Pleistoceno Tardío-Holoceno, y sus espesores varían de 1 a 4m. El evento de inundación del 29 de septiembre depositó un flujo hiperconcentrado en algunas áreas del cauce y en la planicie de inundación del río Cutio, y se caracteriza por estar enriquecido en arcillas, limos y arenas y con abundantes restos antropogénicos (como basura, Pet y vidrio) y vegetación. Los datos estratigráficos muestran que este tipo de fenómenos en el Río Cutio han ocurrido en el pasado en varias ocasiones, por lo que el estudio de peligros asociado a ellos es de suma importancia para la localidad.

Sesión regular

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Organizador:

Eduardo Jiménez Hidalgo

SED-1

CONDICIONES PALEO-REDOX EN LA CUENCA HUAYACOCOTLA DURANTE EL LAPSO CENOMANIANO TARDÍO–CONIACIANO Y SU RELACION CON LOS EVENTOS DE CAMBIO GLOBAL ACELERADO

Colín Azucena, Núñez-Useche Fernando y Omaña-Pulido Lourdes
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 colinrdgza@gmail.com

La aplicación de investigaciones multidisciplinarias para el estudio del Cretácico provee información para el entendimiento de las condiciones paleoambientales y su evolución durante intensos periodos de cambio global acelerado. El estudio detallado de una sucesión carbonatada pelágica (sección Tlacolula) en la Cuenca Huayacocotla, centro-este de México, ofrece información sobre el registro y las condiciones paleoambientales de diferentes eventos de cambio global acelerado que tuvieron lugar durante el Cenomaniano tardío–Coniaciano. La sección Tlacolula está compuesta por las Formaciones Tamaulipas Superior y Agua Nueva, que se caracterizan por estratos de caliza de textura mudstone a wackestone con presencia de lentes y nódulos de pedernal alineados de forma paralela a la estratificación, intercalada con lutita calcárea y bentonita en proporciones variables. Su edad fue constreñida mediante bioestratigrafía de foraminíferos planctónicos (zonas R. cushmani–D. concavata) y un fechamiento radiométrico en circones (89.9 ± 1.5 Ma) al lapso Cenomaniano tardío–Coniaciano. Con base en la curva de variaciones de #13C se logró identificar el intervalo equivalente al OAE 2, caracterizado por una excursión isotópica positiva, así como al grupo de excursiones isotópicas positivas denominado Eventos del Turoniano tardío, que incluyen el evento Hitch Wood. La respuesta biótica inferida a partir de foraminíferos planctónicos (estrategia r vs. k) y de los eventos de filamentos identificados (evento 1a y evento global del límite Cenomaniano–Turoniano), aunada a los patrones de distribución de elementos traza redox-sensibles (Fe, V, U, Mo y Zn), la relación U/Th y el contenido de COT (Carbón Orgánico Total) permitieron determinar que en la Cuenca Huayacocotla tuvieron lugar condiciones predominantemente empobrecidas en oxígeno durante el lapso Cenomaniano tardío–Turoniano, y que mejores condiciones de mejor oxigenación predominaron durante el Turoniano tardío–Coniaciano. Durante el OAE 2 y los Eventos del Turoniano tardío en la Cuenca Huayacocotla predominaron condiciones eutróficas en la superficie marina y empobrecidas en oxígeno en la interfaz sedimento agua. Este escenario favoreció la acumulación de materia orgánica y de elementos traza redox-sensibles, así como la formación de pirita mediante la sulfato-reducción bacteriana. Además, durante ambos eventos la cuenca estuvo influenciada principalmente por agua marina del océano Tetis–Atlántico, enriquecida en elementos traza y nutrientes provenientes posiblemente de la actividad volcánica de la Provincia Ígnea de Caribe–Colombia. Los mecanismos dominantes que influenciaron las condiciones de depósito en la cuenca fueron de carácter global y, en menor medida, de carácter regional. Condiciones oligotróficas y de mejor oxigenación prevalecieron en el lapso entre los dos eventos. Las condiciones empobrecidas en oxígeno durante el OAE 2 no concuerdan del todo con los modelos de circulación oceánica propuestos para el hemisferio norte, ya que según estos modelos la invasión de las aguas boreales al Mar Interior Occidental de Norteamérica causó oxigenación total de la columna de agua durante este evento. Sin embargo, la ocurrencia de delgados niveles bioturbados quizás sí representen cortos periodos de oxigenación asociados a este cambio oceanográfico. Esto pone de manifiesto que a pesar del contexto global/regional, las condiciones redox durante el OAE 2 estuvieron influenciadas por procesos locales.

SED-2

LA FORMACIÓN SALADA EN BAJA CALIFORNIA SUR (MÉXICO) ES DEL MIOCENO MEDIO

Schwennicke Tobias¹, Plata Hernández Elvia¹, López Fuerte Francisco Omar¹, Cortés Martínez Mara Yadira¹, Jenchen Uwe² y Pérez Venzor José Antonio¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

²Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 tobias@uabcs.mx

La Formación Salada aflora en diversas localidades a lo largo de la costa del Pacífico (desde el arroyo La Muela hasta el arroyo Santa Rita). Se compone de depósitos marinos costeros, principalmente limolita y arenisca, y es rica en diversos microfósiles. Con base en el contenido fosilífero, se han propuesto edades variadas. Según algunos autores anteriores, moluscos señalan una edad de finales del Mioceno medio a principios de Mioceno superior. No obstante, otros investigadores propusieron una edad de Plioceno tardío con base en dientes de tiburón. Nuestras observaciones de campo indican que la Formación Salada sobreyace a la Formación Tepetate (Paleoceno-Eoceno) en la región norte mientras que en el área sur, al Oeste de La Paz, se interdigita con estratos terrestres de la formación Lomas de la Virgen (finales del Mioceno inferior a Mioceno medio). Esta interdigitación señala una edad miocénica para la Formación Salada. A pesar de la presencia de rocas calcáreas, la Formación Salada no contiene micro y nanofósiles calcáreos. Sin embargo, encontramos en diferentes localidades escasas rocas ricas en microfósiles silíceos. En total se observaron aproximadamente 50 taxones o formas que incluyen diatomeas, silicoflagelados, esporas de resistencia (resting spores) y ebridianos. La mayor abundancia y diversidad la muestran las diatomeas, mientras que los ebridianos son muy escasos. Además se observan espículas de esponjas silíceas.

Entre las especies identificadas predomina la diatomea *Paralia sulcata*, la cual tiene un rango de edad muy amplio; sin embargo, la especie actual es indicador de ambientes costeros y en conjunto con las esporas de resistencia sugieren la influencia de surgencias costeras. La mayoría de las demás diatomeas identificadas igualmente son de rangos largos y se conocen desde el Mioceno temprano o medio hasta la actualidad. Sin embargo, la especie *Lancineis parilis* (G.D.Hanna) G.W.Andrews (sin. *Raphoneis parilis*) tiene un rango conocido de 15.3 – 13.2 Ma (Mioceno medio) y la especie *Azpeitia apiculata* se registra de 13.9 – 10.6 Ma. La especie *Azpeitia vetustissima* tiene un rango desde el Oligoceno hasta el Mioceno tardío. Por su parte, *Actinocyclus ingens* apareció alrededor de 15.5 Ma y la especie *Cestodiscus pulchellus maculatus* desapareció en 13.9 Ma. En conjunto las especies sugieren una edad alrededor de 14 Ma. De igual manera, algunos otros microfósiles silíceos también apuntan hacia una edad miocénica. Además, realizamos una revisión de las especies de tiburón reportadas anteriormente de la localidad tipo. Como resultado, ninguna de estas especies hace evidente una edad pliocénica para la Formación Salada ya que todas tienen registros por lo menos desde el Mioceno temprano a medio, continuando hasta el Plioceno o incluso la actualidad. En conclusión, nuestros datos apoyan una edad de Mioceno medio para la Formación Salada. Sin embargo, en algunas otras localidades, reportadas anteriormente como parte de la misma formación, hemos encontrado dientes de *Carcharodon carcharias* (tiburón blanco). Esta especie apareció alrededor del límite Mioceno-Plioceno y su presencia indica una edad pliocénica para estos depósitos.

SED-3

EVENTOS DE REGRESIÓN Y TRANSGRESIÓN DEL LAGO TZIBANÁ (SELVA LACANDONA, MÉXICO) DURANTE LOS ÚLTIMOS 1000 AÑOS RECONSTRUIDOS MEDIANTE DEPÓSITOS DELTAICOS DEL RIO NAHÁ

Martínez Abarca Luis Rodrigo¹, Bücker Matthias², Pérez Liseth³ y Equipo del proyecto Selva Lacandona¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica y Física Extraterrestre, Technische Universität Braunschweig

³Instituto de Geosistemas y Bioindicación, Technische Universität Braunschweig
 romaart.geo@gmail.com

La zona deltaica del río Nahá al sur del lago karst Tzibaná en la Selva Lacandona, Chiapas, México, es una región dinámica, debido a que el tipo de sedimento depositado responde a variaciones en los cambios del nivel lacustre y la tasa de sedimentación de la corriente fluvial. Entre Agosto y Octubre de 2019, uno de los lagos de mayor extensión (1.27 km²) y profundidad (52 m) en la Selva Lacandona, el lago Tzibaná (547 m snm) redujo 20 m su columna de agua. Aproximadamente el 44% de su área superficial disminuyó y expuso los depósitos deltaicos del río Nahá al sur del lago. En el presente trabajo, se estudiaron 3 perfiles sedimentarios superficiales (0.6-1.43 m de longitud) en el delta para reconocer y describir eventos de regresión y transgresión en el lago Tzibaná durante los últimos ~1000 años. Cuatro facies a lo largo del delta fueron asociadas a procesos sedimentarios que actualmente rigen la zona: Arena gruesa masiva (AGM), Arena fina (AF), Hojarasca negra (HN) y Limo arcilloso masivo (LAM). A partir de datos geofísicos de tomografía de resistividad eléctrica coleccionados en el delta expuesto, se logró deducir que el espesor total de los depósitos de delta constituidos de estas cuatro facies alcanza hasta 20 m. Las facies AGM se asociaron a periodos prolongados de regresión en la línea de costa similar al ocurrido en Agosto de 2019. Por otro lado, la alternancia de las facies AF y HN indica un periodo breve en la regresión de la línea de costa similar al ocurrido en Febrero de 2019. Las facies LAM indican máxima inundación del lago Tzibaná en periodos de transgresión similar al ocurrido en Marzo de 2010. Nuestros resultados revelaron recurrencia de estos eventos en el pasado, indicando la alta variabilidad en los niveles del lago en lagos de la Selva Lacandona. Equipo del proyecto Selva Lacandona: Hoppenbrock Johannes, Flores Orozco Adrian, Moguel Bárbara, Pita de la Paz Carlos, Buckel Johannes, Lauke Theresia, Bonilla Mauricio, Landois Santiago, García Miguel, Caballero Margarita, Rodríguez Sergio, Wendy Morales, Oscar Escolero, Correa-Metrio Alex, Curtis Jason, Brenner Mark, Hördt Andreas, Schwalb Antje

SED-4

ESTRATIGRAFÍA Y AMBIENTES DE DEPÓSITO EN LA LOCALIDAD DE LALA'S PLACE, RAMOS ARIZPE, COAHUILA

Venegas-Gómez Carlos¹, Ortega-Flores Berlaine², Estrada-Ruiz Emilio³ y Aguilar-Arellano Felisa Josefina⁴

¹Maestría en Biociencias, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

²Centro de Geociencias, UNAM

³Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

⁴Centro INAH Coahuila

carlos_venegas_gomez@hotmail.com

La localidad denominada Lala's Place, se encuentra ubicada en la Sierra Pinta, municipio de Ramos Arizpe, dentro de la Cuenca de Parras en el Grupo Difunta. Durante el Cretácico Tardío, parte del territorio que hoy ocupan los municipios de Parras, General Cepeda, Ramos Arizpe y Saltillo estaba conformado por un sistema de deltas cuyo registro estratigráfico se denomina Grupo Difunta.

Originalmente los estratos de la Sierra Pinta fueron asociados a las formaciones Cañón del Tule y Tanque. Posteriormente fue asignada a la Formación Cerro del Pueblo o como las exposiciones más sureñas de la Formación Muerto. Aunque publicaciones posteriores continúan incluyendo a los estratos dentro de la Formación Cerro del Pueblo, no se cuenta con trabajos que justifiquen esta asignación. Ante la incertidumbre a cuál formación geológica corresponden estos estratos, se están llevando a cabo estudios paleontológicos, estratigráficos y sedimentológicos para determinar su posición relativa y el ambiente sedimentario en el que se depositaron estos estratos. Los estudios realizados en esta localidad incluyen registros de huesos de dinosaurios de las familias Hadrosauridae, Ceratopsidae y de terópodos indeterminados, así como varias especies de moluscos (e.j., bivalvos y gasterópodos), con base en las características litológicas del sitio, alternancia de estratos de lutitas grises y areniscas cuarzosas, así como su contenido fosilífero de invertebrados, se ha determinado que estos pertenecen a la Formación Cerro del Pueblo. El presente trabajo muestra los avances del registro de la sedimentología del sitio, derivado del levantamiento de una columna estratigráfica de 492 m, se obtuvo evidencia que indica un ambiente de depósito marino costero con poca influencia del oleaje en la base (0-136 m) que cambia a un ambiente con mayor influencia del oleaje (136-233 m). En ambos se encontraron fósiles traza marinos (icnofacies Skolithos), que son indicadores de ambientes marinos poco profundos, formando parte del subambiente del frente de delta. La presencia a la cima de estos estratos de bancos de *Flemingostrea subspatulata* indica una transición a aguas salobres poco profundas; a continuación, la presencia de una zona donde se acumularon restos fósiles de vertebrados, invertebrados y evidencia de raíces in situ (233-360 m) que fue interpretado como un subambiente de planicie de inundación. Posteriormente, se tiene el registro de un evento de transgresión marina en un segmento donde nuevamente se encuentran estructuras primarias e icnofósiles marinos característicos de ambiente costero con influencia de oleaje (360-492 m). La evidencia indica un ambiente de depósito deltaico con dos subambientes, uno de frente arenoso de delta con presencia de la icnofacies Skolithos, y un segundo que representa una planicie de inundación.

SED-5

SEDIMENTOLOGÍA DE DEPÓSITOS DE CORRIENTES PIROCLÁSTICAS DE EMPLAZAMIENTO SUB-ACUÁTICO DURANTE EL OLIGOCENO: SECUENCIA VOLCANICLÁSTICA GRANADAS, VILLA GARCÍA, ZACATECAS

Lara González Gabriela del Carmen^{1,2}, Dávila Harris Pablo² y Sieck Pascal²¹Universidad de Guanajuato²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. gabslg80@gmail.com

Las unidades clásticas y volcanoclásticas interestratificadas entre extensos paquetes de lavas e ignimbritas riolíticas del Mioceno y Oligoceno en México, han sido poco estudiadas e inclusive ignoradas, a pesar de que su cartografía puede ser clave en el entendimiento de sistemas volcánicos regionales. Este trabajo presenta los resultados de un estudio cartográfico, estratigráfico, sedimentológico y geoquímico, en una secuencia del Oligoceno, ubicada en los alrededores de la comunidad de Granadas, Villa García, Zacatecas, denominada informalmente Secuencia Volcanoclástica Granadas (SVG). Donde se realizaron levantamientos de campo y muestreo sistemático, analizando vía microscopio binocular, microscopio electrónico de barrido y difracción de rayos X (DRX), mientras que su química se analizó por fluorescencia de rayos X (FRX) y espectroscopia óptica (ICP-OES). La SVG es una sucesión de paquetes delgados, sub-paralelos, tabulares e irregulares, de material tobáceo y heterogeneidad clástica constituida por pómez, líticos, pellets y cristales sueltos de origen volcánico (cuarzo, muscovita, sanidino), así como estructuras sedimentarias de escala milimétrica. La SVG tiene 65 m de espesor acumulado, sobreyace discordantemente a una lava riolítica y subyace a la Ignimbrita Villa García. Se caracteriza por poseer una matriz de ceniza y esporádicos clastos de lapilli (pómez). Por asociación de litofacies, se dividió en tres grupos: (1) litofacies masivas con constituyentes medianos; (2) litofacies con pómez dropstone, estructuras sedimentarias y constituyentes extremadamente finos a finos; y (3) litofacies masivas con constituyentes medianos a gruesos. Cada uno representa una fase de depositación. A partir de la observación e interpretación de ciertos criterios, como lo son: la asociación de litofacies, la presencia de pómez dropstone, de estructuras sedimentarias propias de ambientes subacuáticos (laminaciones, ondulitas, estructuras hidro-plásticas), de diques sedimentarios, zeolitización pervasiva (heulandita-clinoptilolita) y composición química originalmente riolítica, se interpreta a la SVG como una sucesión de depósitos de origen volcanoclástico primario, emplazados a partir de flujos o corrientes piroclásticas de densidad distales, y caída de ceniza de columnas eruptivas riolíticas del Oligoceno, en un cuerpo de agua somero e intermitente. Los estudios a detalle de secuencias volcanoclásticas antiguas, prueban ser una herramienta muy útil y complementaria en interpretaciones de la evolución de ciertos complejos volcánicos del Paleógeno y Neógeno en México, debido a su naturaleza como depocentros de erupciones regionales.

SED-6

ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL DEL LAPSO CENOMANIANO-CONACIANO EN LA CUENCA DE HUAYACOCOTLA, HIDALGO

Gómez Eduardo¹ y Nuñez-Useche Fernando²¹Facultad de Ciencias, UNAM²Instituto de Geología, UNAM

gomezeduardo@ciencias.unam.mx

Durante el periodo Cretácico ocurrieron eventos muy importantes que ocasionaron grandes alteraciones en las geosferas. Entre estos se incluyen los Eventos Anóxicos Oceánicos, durante los cuales tuvo lugar un aumento en el depósito de sedimentos enriquecidos en materia orgánica en varias cuencas oceánicas. En particular estos eventos fueron muy comunes durante el lapso Cenomaniano-Conaciano, sobresaliendo el OAE 2 (evento Bonarelli) ocurrido durante el Cenomaniano-Turoniano, y los denominados eventos del final del Turoniano. En el centro-este de México las sucesiones sedimentarias depositadas durante el lapso Cenomaniano-Conaciano en la cuenca de Huayacocotla están enriquecidas en materia orgánica. Sin embargo, se desconocen las condiciones paleoambientales de depósito y la relación entre dichas sucesiones con los eventos de cambio global acelerado y los eventos regionales. Para dar respuesta a lo anterior, en este trabajo se estudia una sucesión sedimentaria pelágica de 28 m (sección San Antonio el Grande) en la cuenca de Huayacocotla, que abarca el lapso Cenomaniano-Conaciano, y esta compuesta por las Formaciones Agua Nueva y San Felipe. Para su análisis se emplearon técnicas de campo y laboratorio. En la sección San Antonio el Grande los distintos análisis realizados permiten dividir la sección en dos unidades cuyo depósito ocurrió en condiciones ambientales muy diferentes. La primera unidad abarca los primeros 8m y está dominada litológicamente por caliza muy gruesa con presencia de nódulos de pedernal, intercalada con pocas capas de lutita y bentonita. La caliza corresponde a mudstone-wackestone con abundantes foraminíferos planctónicos y escasos radiolarios. Además, presenta índice de bioturbación (IB<2) e índice detrítico (ID<1) bajos, altos valores de carbono orgánico total (COT de hasta 6%) y de la relación U/Th (>1.25). La pirita de esta unidad tiene valores isotópicos de azufre muy negativos (#34Spy de hasta -40‰). La segunda unidad corresponde al intervalo 8-28m de la columna y está compuesta litológicamente por caliza gruesa con presencia de lentes de pedernal alineados de forma paralela a la estratificación, intercalada con abundantes capas de bentonita y algunas de lutita. La caliza corresponde a mudstone-wackestone con abundantes foraminíferos planctónicos, comunes radiolarios con restos de peces y raros foraminíferos bentónicos. Además, presenta índice de bioturbación (IB de hasta 4) e índice detrítico (ID de hasta 3) altos, bajos valores de carbono orgánico total (COT<2) y de la relación U/Th (<0.75) así como ausencia de nódulos de pirita. Con base a lo anterior se propone un modelo según el cual durante el lapso Cenomaniano-Conaciano, la alta productividad marina en la cuenca de Huayacocotla controló el depósito de materia orgánica y la oxigenación en el fondo marino. Condiciones disóxicas-anóxicas predominaron durante el depósito de la primera unidad, y oxigenadas durante el depósito de la segunda unidad.

SED-7

PALEOAMBIENTES SEDIMENTARIOS DE TERRAZAS MARINAS PLEISTOCÉNICAS EN LA COSTA CENTRO-ESTE DE BAJA CALIFORNIA SUR

Plata Hernández Elvia, Schwennicke Tobias, Cortés Martínez Mara Ydíra y Ramos Rodríguez José Alejandro
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS
eplata@uabcs.mx

El Cuaternario, principalmente el Pleistoceno, se caracteriza por múltiples periodos glaciales e interglaciales que originaron cambios globales del nivel del mar. Uno de los periodos más cálidos del Pleistoceno corresponde al Estadio Isotópico Marino 5e (MIS 5e) ocurrido aproximadamente entre 130 ka y 120 ka. A lo largo de la costa oeste del Golfo de California existen diversos afloramientos de depósitos marinos de este tiempo, los cuales han sido descritos desde varios enfoques. En la parte media de la península, en la localidad de Timbabichi, afloran terrazas marinas que evidencian la evolución de los ambientes sedimentarios durante el MIS 5e. En esta localidad, los depósitos pleistocénicos afloran en altitudes de 10 m sobre el nivel del mar indicando un componente neotectónico. El contacto basal de los depósitos MIS 5e es una discordancia marcada y puede haber presencia de perforaciones y clastos en la base. Se reconocieron y describieron las siguientes facies sedimentarias: 1) facies de arenisca limosa bioclástica la cual tiene con amplia distribución en la parte inferior del paquete formado durante el MIS 5e; localmente es rica en fósiles autóctonos y parautoctonos tales como *Plicatula spondylopsis*, *Tagelus californianus*, *Anomia peruviana*, *Chione californicus* y *Turritella leucostoma*, entre otros. Estos fósiles se encuentran formando colonias en posición de vida en diferentes niveles. 2) facies de arenisca micrítica bioclástica; consiste en arenisca poco compactada con matriz micrítica y limosa y abundantes bioclastos finamente fragmentados (shell hash). 3) facies de caliza arrecifal coralina; consiste de corales de *Porites panamensis* en su mayoría, los cuales forman pequeños arrecifes aislados del tipo parche (patch reef). Esta facies ocurre en la parte posterior de las terrazas. Las características de las facies 1 y 2 indican que la sedimentación durante el Pleistoceno tardío inició en ambientes lagunares hasta intermareales con

sedimentación mixta favoreciendo el desarrollo de colonias de moluscos en aguas poco profundas, tranquilas y de aguas templadas a subtropicales. Los arrecifes de *Porites panamensis* se formaron en una bahía somera con poca energía. A su vez, los corales reflejan condiciones climáticas más cálidas que las actuales y el máximo nivel del mar durante el MIS 5e. Esta facies es similar a la reportada en terrazas marinas áreas tanto al sur como al norte del área de estudio donde su edad absoluta indica MIS 5e. La cima de estas terrazas lo conforman depósitos de playa y hasta fluviales reflejando el inicio de una regresión forzada quizá en el final del MIS 5e. En total, la sucesión vertical de los depósitos, incluyendo los fósiles reflejan la evolución de las condiciones del ambiente de depósito y cambios de temperatura del agua.

SED-8 CARTEL

LOS LÍMITES LITOESTRATIGRÁFICOS DEL ARCO VULCANO-SEDIMENTARIO DEL SUPERGRUPO PÁPALO DEL ARQUEANO, EN EL CRATÓN DE NORTE-AMÉRICA

Bazán Barrón Sergio y Bazán Perkins Sergio Dale
Industria Minera Indio, S. A. de C. V., IMI
 bazanba@hotmail.com

El Supergrupo Pápalo del Arqueano cubre la mitad oriental de México del Cratón de Norte-América y Las Antillas, con área tipo en Cuicatlán, Puebla, El Cañón Tomellín, Oaxaca. Posteriores estudios en la Sierra de Juárez, La Cañada Oaxaqueña y Valle de Oaxaca confirman su extensión hasta el Istmo de Tehuantepec, con unos 50 afloramientos más, en la Sierra de Guanajuato, Ventana El Charape, Macizo de Teziutlán, Macizo Los Tuxtlas, Macizo de Chiapas, Plataforma de Yucatán, Gneis Novillo, Macizo Burro-Picachos, Bloque Coahuila-Chihuahua, entre otros más. El límite estratigráfico inferior está bien expuesto en la Sierra de Guanajuato, del área tipo en la Meseta de Cuatralba, por contacto tectónico transicional y paralelo de 200 m de espesor, al sobreyacer a paragneises cuarcíferos de gran dureza y alto grado del Grupo Los Alisos, parte superior del Supergrupo Guanajuato del Hadiano (4550-3800 Ma). El contacto aparece donde nace el arroyo San Juan de Otates, en sucesión microlaminada azul, gris negro de "greenstone belts" con gneises cornéanos, basaltos, picritas y komatitas de 17 al 36% MgO, muy pobres en potasio, con textura spinífex de pillow lavas. Esta textura se debe al desarrollo esquelético aciculares de olivino, magnetita y piroxenos con cristalización rápida en medios marinos, para flujos volcánicos lávicos mayor a los 1650°C. La secuencia del Grupo San Juan de Otates con más de 30 unidades bandeadas en estructura sinforme, de lengüetas, miembros, formaciones y grupos en varios ciclos de emisión volcánica, interstratificados entre sí. Consisten en cuarcitas, metatobas, pizarras, grauvacas, flujos lávicos y metatobas bandeados de 4 a 16 metros, calcialcalinos, destacan por sus cambios químicos verticales, por sus colores oscuros y la textura, que no es posible seguirlos lateralmente. El límite estratigráfico superior está representado por el Grupo El Trapiche, parte basal del Supergrupo Zimatlán, del Paleoproterozoico, sobreyace en extensa discordancia erosionada y oblicua, aflorante en el área tipo de Loma Bonita-Vista Hermosa del Valle de Oaxaca, del Arroyo de San Agustín, 14 km al norte de Ciudad de Oaxaca. Esto es, que la potente secuencia de 20 km del Supergrupo Zimatlán, integrado por los grupos El Trapiche y Valdeflores, define al Geosinclinal El Rosario del Paleoproterozoico. Consistente de una sucesión de metaconglomerados basales, paragneises cuarzo feldespáticos y metagrauvacas de facies anfibolita, plegadas de colores blanquecino y verde, truncados por fallas transformes de la megashear Polochic-Motahua. Estos límites confirman la sucesión del Precámbrico mediante siete supergrupos que implican los macizos precámbricos de la Plataforma del Golfo de México, para constituir al escudo arqueano mexicano. Mediante estudios geoquímicos la sucesión se inicia con rocas komatíticas basales, emplazados como diapiros de serpentinitas laramídicas que irrumpen y afloran, desde el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, hasta el Gneis Novillo, Tamaulipas. Se concluye que existen diferencias estructurales y petrológicas del arco volcánico del Supergrupo Pápalo con el Supergrupo Zihuatanejo de la Faja Estructural Cananeana de la parte occidental de México, con características espaciales y temporales de tipo MORB, para el Gran Rift con rocas ultramáficas y máficas toleíticas de expansión oceánica bimodal.

Sesión regular

SISMOLOGÍA

Organizadores:
Alinne Solano
Oscar Castro

SIS-1

AN UPDATED POISSONIAN EARTHQUAKE CATALOG (1787-2018) FOR SEISMIC HAZARD ASSESSMENT STUDIES IN MEXICO

Sawires Rashad¹, Santoyo García Galiano Miguel Angel²,
Peláez Montilla José Antonio³ y Corona Fernández Raúl Daniel⁴

¹Department of Geology, Faculty of Science, Assiut University, Assiut, Egypt, and Institute of Geophysics Morelia Campus, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Morelia, Michoacán, Mexico.

²Department of Seismology, Institute of Geophysics, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Mexico.

³Department of Physics, University of Jaén, Jaén, Spain.

⁴Postgraduate School in Earth Sciences, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Mexico City, Mexico. rashad.sawires@gmail.com

Here we present a new updated and unified Poissonian earthquake catalog for Mexico, including focal mechanism solutions, so that the earthquake data could be now obtained from a single source. The details about the catalog compilation, the removal of duplicate events, unifying the magnitude scales, removal of dependent events through a declustering process and its completeness analysis, are presented. Earthquake and focal mechanism data have been compiled from various local, regional and international databases and agencies (e.g. Servicio Sismológico Nacional, International Seismological Centre, United States Geological Survey, and Global Centroid Moment Tensor bulletins, among others). The compilation includes the Mexico's mainland region (Lat: 13°N to 33°N; Lon: 91° to 117°W), comprising all events with magnitudes $M \geq 4.0$ on any magnitude scale. In addition, a focal mechanism solution database was assembled from different published sources. This database contains more than 1200 fault-plane solutions covering the time period from 1963 to 2015. New magnitude-conversion relationships, compatible with available local and regional ones, has been developed in order to obtain unified moment magnitude estimates for the whole catalog. Large earthquake events ($M_w \geq 6.5$) have been carefully revised for their epicentral locations and magnitudes from trusted publications. Foreshocks, aftershocks and earthquake swarms, as dependent events, have been identified and removed from the catalog through a declustering process by applying specific time and space windows for each magnitude size. A total of 5400 events are obtained for the final Poissonian earthquake catalog including only independent earthquakes with $M_w \geq 4.0$. Completeness periods for the declustered catalog were also estimated. The completeness analysis of the entire catalog reveals that our catalog is complete, with respect to time, for magnitudes $M_w \geq 4.0$, ≥ 5.0 and ≥ 6.0 since 1990, 1990 and 1925, with activity rates of 103.3, 36.3 and 5.31 earthquakes/year, respectively. The obtained catalog is compatible with other published catalogs providing basis for future studies related to seismicity, seismotectonics and seismic hazard assessments all over Mexico

SIS-2

REGIONAL VARIATION IN THE NUMBER OF AFTERSHOCKS OF LARGE SUBDUCTION ZONE EARTHQUAKES SINCE 1990

Iglesias Arturo y Singh Shri Krishna
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
arturo@igeofisica.unam.mx

A previous study (Singh and Suárez, 1988) reported that the number, N , of aftershocks ($m_b \geq 5$) within 30 days after the occurrence of large, subduction-zone, thrust-faulting earthquakes ($M_w \geq 7$) followed a distinct pattern: N was less than expected along the eastern Pacific (including Alaska) and greater than expected in the western Pacific. Relative lack and excess of N was attributed to strongly and weakly-coupled plate interfaces, respectively. The study included 45 earthquakes covering the period 1964-1985. Here we reinvestigate regional variation of N for 120 earthquakes which have occurred since 1990. For these events, detailed source parameters (such as moment-scaled radiated seismic energy, ER/M_0 ; radiated energy enhancement factor, REEF, among many others) are available. Simultaneously, our knowledge of subduction zones has improved. This makes it possible to investigate relationship between N with different source parameters and characteristics of the subduction zones. We find that N ($M_w \geq 5$) for events since 1990 follows the same pattern in each individual subduction zone as observed in the previous study. The general pattern remains the same: N less than expected along the eastern Pacific (including Alaska) and greater than expected in the western Pacific. We explore possible relationship between N , source parameters and parameters characterizing subduction zones.

SIS-3

PROSPECCIÓN DE LA ZONA COSTERA DE LOS MUNICIPIOS DE SAN PEDRO POCHUTLA Y SANTA MARÍA HUATULCO, OAXACA PARA BÚSQUEDA DE EFECTOS GEOLÓGICOS Y BIOLÓGICOS POR EL SISMO OCURRIDO EL 23 DE JUNIO DE 2020

Solano Ericka Alinne, Ramírez Chávez Eduardo Juventino, Zavala Trujillo Bárbara, Leyte Morales Gerardo, Hernández Ballesteros Luz María, Benítez Villalobos Francisco, Cervantes Alcántara Alfonso, Ortiz Martínez Luis José, Ahumada Sempol Miguel Ángel, Illescas Espinoza Oscar y Reyes González Israel
Universidad del Mar campus Puerto Ángel
alierika@gmail.com

Un equipo multidisciplinario de la Universidad del Mar (UMAR) campus Puerto Ángel recabó información geológica y biológica en los primeros días de ocurrido el sismo del 23 de junio de 2020 ($M 7.4$) con epicentro en el municipio de Santa María Huatulco. La etapa de confinamiento y el cierre de playas debido a la pandemia del COVID-19, permitieron que muchas de las evidencias geológicas permanecieran intactas por días y se pudieran registrar. Se hicieron reconocimientos visuales, por tierra, aire y mar, en playas y poblaciones cercanas a las mismas. De las evidencias geológicas observadas hubo desgajamiento de cerros, agrietamiento de sedimentos no consolidados, caída de fragmentos de roca y licuefacción expresada en forma de volcán de arena en la riveras del Río Copalita. También se compararon los modelos digitales de elevación (MDE) obtenidos con sobrevuelos de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) hechos en las bahías San Agustín, La Entrega y Violín en 2019 con sobrevuelos después del sismo con el mismo patrón de vuelo y método de generación de MDE y ortomosaicos. En cuanto a las evidencias biológicas, dos semanas después del sismo se hizo un reconocimiento subacuático en diez arrecifes coralinos cercanos al epicentro. Se documentó la presencia de grietas y fracturas en los arrecifes, bloques de coral desprendidos de la matriz calcárea, colapso de cuevas coralinas y la emersión y muerte de corales asociados al levantamiento cosísmico de 50 cm.

SIS-4

ANÁLISIS DE LOS REGISTROS SÍSMICOS DEL SISMO DE CRUCECITA OAXACA ($M_w 7.4$) DEL 23 DE JUNIO DE 2020

Arroyo Danny¹, Pérez-Campos Xyoli², Singh Shri Krishna² y Ordaz Mario³

¹Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

³Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
aresda@azc.uam.mx

El 23 de junio de 2020 ocurrió un sismo con magnitud $M_w 7.4$ con mecanismo de falla inverso cerca del poblado de Crucecita en Oaxaca el cual produjo daños en la zona epicentral (cerca de 70 municipios de Oaxaca tuvieron declaración de emergencia por este evento). El sismo causó pánico en algunas zonas de la CDMX a pesar de ocurrir a aproximadamente 500 km de la ciudad. La aceleración máxima del suelo en la estación CU de la CDMX fue de 7.5 gal. Los análisis de los registros de movimiento fuerte sugieren que el movimiento en la CDMX fue inusualmente energético en el intervalo de frecuencias entre 0.1 y 1.0 Hz así como también en otros sitios en la dirección NE del epicentro respecto al modelo de Arroyo et al. (2010). Las inversiones con datos regionales y telesísmicos reportados en otros estudios sugieren una fuente simple y compacta con poco efecto de directividad. Se estudia la posibilidad de que las intensidades anómalas se deban a un alto valor del parámetro de esfuerzos en la fuente, se comparan intensidades a distancias regionales producidas por este evento y otros eventos similares para establecer su fuerza relativa y se estudia si los parámetros de fuente obtenidos a partir de registros telesísmicos son consistentes con las intensidades regionales.

SIS-5

INVERSIÓN CINEMÁTICA DE LA FUENTE DEL SISMO DE HUATULCO DEL 23 DE JUNIO DE 2020

Iglesias Arturo¹, Castro Artola Oscar Alberto², Singh Shri Krishna¹ y Franco Sara Ivonne¹

¹Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático
arturo@geofisica.unam.mx

El 23 de junio de 2020 ocurrió un sismo de magnitud $M_w=7.4$ cuyo hipocentro se localizó muy cerca de la estación Huatulco (HUIG) del Servicio Sismológico Nacional. Esta estación está equipada con un sismómetro triaxial de banda ancha, un acelerómetro triaxial y un receptor GNS registrando a 1Hz. Del análisis de los registros de aceleración se puede concluir que el hipocentro está localizado a aproximadamente 1 km de la estación y a no más de 18 km de profundidad en dirección NNW. Los registros de aceleración, integrados numéricamente dos veces, así como los registros de alta frecuencia de GNSS, procesados por el Laboratorio de Geodesia Satelital (LAGEOS) muestran unas deformaciones permanentes en la estación de ~ 40 cm al sur, ~ 15 cm al oeste y ~ 50 cm de levantamiento vertical. El mecanismo focal reportado por el Global Centroid Moment Tensor (GCMT) es: $\# = -271^\circ$, $\# = 17^\circ$ y $\# = 70^\circ$. Utilizando registros de GNSS así como registros de

aceleración doblemente integrados llevamos a cabo la inversión cinemática de los deslizamientos en el plano de falla. Siguiendo un procedimiento ampliamente descrito en la literatura, obtenemos un patrón de deslizamiento, sobre el plano de falla, que muestra que la ruptura se propagó en dirección NE a partir del hipocentro. Tanto los sismogramas invertidos como las deformaciones permanentes (no usadas en la inversión) observadas en HUIG son razonablemente bien explicadas con este modelo.

SIS-6

GEOMETRÍA DE LA PLACA DE COCOS DEBAJO DE LA REGIÓN CENTRO-SUR DE MÉXICO

Álvarez-Ruedas Heber¹ y Pérez-Campos Xyoli²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
heber.raz@gmail.com

En la última década han existido diferentes interpretaciones acerca de la geometría actual de la Placa de Cocos, la controversia general se ha concentrado en discernir si su comportamiento es continuo a lo largo de la trayectoria de subducción o si a cierta profundidad existe un truncamiento. La evidencia recabada hasta ahora, muestra al modelo trunco como el más factible. El presente trabajo consiste de una descripción geométrica de la Placa de Cocos debajo de la región centro-sur de México, utilizando una tomografía 3D como resultado de la inversión sísmica de los arribos de la onda P de 7043 sismogramas, utilizando el Método de Marcha Rápida (FMM, por sus siglas en inglés) para la predicción del modelo directo y la inversión de un subespacio homogéneo e isótropo para el modelo inverso. Con una cobertura de 41 estaciones, correspondientes al arreglo de Geometry of Cocos (GECO), la red permanente de Oaxaca y una red temporal del Servicio Sismológico Nacional (SSN), fue posible la obtención de 10 tomogramas que recorren desde el noreste hasta el sureste de la región central de México. Estos muestran un cambio suave hacia el límite entre Cocos-Centro y Cocos-Sur, donde un cambio abrupto en el modelo de velocidades comienza a revelar la complejidad tectónica de la placa, sugiriendo al mismo tiempo, la posible presencia de una gran ruptura en la placa, respaldando a su vez la configuración tectónica propuesta por Castellanos et al (2018).

SIS-7

ESTRUCTURA SÍSMICA DEL CENTRO-SUR DE MÉXICO: AVANCES OBTENIDOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE FUNCIONES DE RECEPTOR

Rodríguez-Domínguez Miguel Ángel¹, Pérez-Campos Xyoli², Montealegre-Cázares Conrado³, Clayton Robert⁴, Cabral-Cano Enrique⁵, Córdoba-Montiel Francisco⁶, Lerma-Samaniego Javier⁷, Brudzinski Michael R.⁸, Arciniega-Ceballos Alejandra² y Pescina-Castelán Gilberto⁷

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³California Institute of Technology

⁴Universidad Veracruzana

⁵Instituto de Ingeniería, UNAM

⁶Miami University

⁷CENAPRED

miguel561a@gmail.com

La región centro-sur de México, compuesta por cinco provincias tectonoestratigráficas localizadas en los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz, y la sección Este de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), presenta una gran complejidad tectónica. Aunado a estos rasgos superficiales, la subducción de la placa de Cocos, por debajo de la placa de Norte América, refleja también un entorno tectónicamente complicado a lo largo de la costa del océano Pacífico. Lo anterior es el resultado del cambio del ángulo de subducción que presenta Cocos, entre un echado subhorizontal en el centro de México hacia un echado con un ángulo de aproximadamente 26° en el sur del país. Las funciones de receptor (FR), señales que representan la estructura relativa de la Tierra, son generalmente utilizadas para estudiar la estructura sísmica de la corteza y el manto superior. En este trabajo se analizan las FR, obtenidas en 57 estaciones, para determinar la estructura cortical, localizando la profundidad asociada a la base de una capa sedimentaria y las discontinuidades de Conrad y de Mohorovičić. Aunado al estudio somero, se analiza la estructura profunda, mediante la inversión de las FR de onda P, para determinar la profundidad de la placa de Cocos y el contenido de anisotropía en la cuña del manto continental. Los avances obtenidos en este trabajo sientan las bases para establecer un modelo tectónico que ayude a explicar cuál es el estado tectónico de la placa de Cocos en la zona de transición.

SIS-8

SEISMIC ANISOTROPY PROVIDES INSIGHT INTO UPPER MANTLE FLOW AND ITS RELATIONSHIP TO SUBDUCTION OF THE COCOS PLATE IN SOUTHERN MEXICO

Celis Samuel¹, Vázquez Luis², Valenzuela Wong Raúl¹ y Pérez-Campos Xyoli¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²University of Southern California, USC
samcelis93@gmail.com

Shear wave anisotropy was measured in southern Mexico using core-transmitted phases such as SKS, SKKS, and PKS recorded by broadband seismometers of the permanent Servicio Sismológico Nacional (SSN) network and the Geometry of Cocos (GECO) temporary deployment. The shear wave splitting technique [Silver and Chan, 1991] was used to measure fast polarization direction (#) and delay time (#t). The Cocos slab shows a complex geometry since its dip changes both along and perpendicular to strike [e. g. Pardo and Suárez, 1995; Ferrari et al., 2012; Dougherty et al., 2012; Dougherty and Clayton, 2014]. Results from the present study can be divided into two groups. Between 96 and 101°W the Cocos slab subducts subhorizontally. Stations in the southern group are located in the fore-arc, between the Middle America Trench (MAT) and the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB), where the fast axes are oriented on average N33°E (33°, 1.34 s) and are trench-perpendicular. This orientation is consistent with earlier work [Valenzuela y León Soto, 2017; Vázquez Aragón, 2019] and is interpreted to result from subslab entrained flow. Stations in the northern group are located at the eastern end of the Trans-Mexican Volcanic Belt, where the fast axes are oriented on average N58°E (58°, 1.85 s). The orientation of the fast axes for stations in the northern group is rotated ~25° clockwise relative to stations farther south. Two different processes may explain the directions of the fast axes for stations in the northern group. (1) Toroidal flow around the eastern edge of the subducting Cocos plate driven by slab rollback, or (2) mantle flow controlled by the competing influences between the relative motion of the Cocos and North American plates, and the absolute plate motion of North America at this location away from the MAT. Beneath stations HUIJ and JOBO, a back azimuth dependence of the anisotropy parameters was found. This could happen if the anisotropy is different in different directions [e. g. Savage, 1999] or else if two or more anisotropic layers are present under the stations [Silver and Savage, 1994; Özalaybey and Savage, 1994]. Finally, a large delay time (#t = 3.15 s) at station HUAT may be consistent with the observation of small-scale heterogeneity in anisotropic structure in the D" region under the Pacific Ocean west of Mexico [Long, 2009].

SIS-9

CRUSTAL ANISOTROPY AS A WINDOW TO MANTLE DYNAMICS: A CASE STUDY ON THE WESTERN UNITED STATES

Castellanos Jorge y Clayton Robert

California Institute of Technology
jacastil@caltech.edu

We investigate how mantle-based stresses affect the dynamics of the lithosphere through the analysis of crustal anisotropy. In a recent study, we observed that seismic anisotropy in the Pacific NW crust correlates exclusively with the upper mantle velocity structure, and used this correlation to argue that vertical loads in the upper mantle can drive crustal deformation on a regional scale. We proposed that the remarkable connection between mantle density structure and surface deformation is only enabled because the high crustal temperatures of the Pacific NW allow the buoyancy-created stresses to drive viscous flow in the ductile crust, orienting anisotropic minerals with the direction of flow. To test this hypothesis, we extend our analysis to the entire western United States and use the dense station coverage provided by the U.S. Transportable Array to examine the lateral variations of crustal anisotropy from short period ambient seismic noise. We then attempt to identify regions where mantle structures may cause crustal deformation by modeling channelized flow driven by inferred mantle vertical tractions. Our analysis allows us to draw inferences about the conditions under which mantle-induced deformation is possible, and provide insights into interplay between mantle processes and near-surface tectonics.

SIS-10

UN VISTAZO A LA ANISOTROPIA SÍSMICA Y EL FLUJO DEL MANTO SUPERIOR EN MÉXICO

Valenzuela Wong Raúl¹ y León Soto Gerardo²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
raul@geofisica.unam.mx

Se presentan los resultados de aplicar la técnica de shear wave splitting (partición de ondas de corte) al manto superior en México. Una vez que una onda de corte entra a un medio anisótropo se "separa" o "parte" en dos, es decir una onda rápida y otra lenta. Se utilizan dos parámetros para medir la anisotropía. Son la dirección de polarización rápida y el tiempo de retardo entre las ondas rápida y lenta. Se

aplica el método de la covarianza de Silver y Chan [1991]. Se usaron datos de redes permanentes y temporales. Para las mediciones se usaron principalmente fases transmitidas a través del núcleo como la SKS, pero también se usaron ondas S producidas por sismos locales dentro de la placa subducida. El estudio de la anisotropía sísmica permite conocer las características del flujo del manto superior y su relación con diversos procesos tectónicos. En México existen muchos y variados ambientes tectónicos. Algunos de éstos se encuentran todavía activos, o lo fueron en el pasado, y han dejado su huella en la forma de anisotropía sísmica. Por lo tanto diferentes mecanismos han causado el flujo del manto. Se han estudiado las siguientes regiones: la Trinchera Mesoamericana, la península de Baja California, la región Occidental Mexicana de Cuencas y Sierras, el norte y noreste del país y la península de Yucatán. Dependiendo de las características particulares de cada región se han propuesto diversas explicaciones para la anisotropía como son (1) flujo del manto arrastrado por debajo de la placa subducida (subslab entrained flow), (2) flujo de esquina en la cuña del manto, (3) retroceso de la placa subducida (slab rollback), (4) flujo del manto producido por la desaparecida placa de Farallón, (5) flujo vertical ascendente en una dorsal antigua, (6) antiguos episodios de extensión, (7) flujo del manto alrededor de la orilla del cratón de América del Norte y (8) el movimiento absoluto de la placa de América del Norte.

SIS-11

EL EFECTO DEL #QUÉDATEENCASA EN EL RUIDO SÍSMICO EN MÉXICO

Pérez-Campos Xyoli¹, Márquez Ramírez Víctor Hugo², Quintanar Robles Luis¹, Montalvo-Arrieta Juan Carlos³, Espíndola Castro Víctor Hugo¹ y Zanolli Fabila Betty¹

¹Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

²Centro de Geociencias, UNAM

³Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León
xyoli@igefisica.unam.mx

El mundo comenzó el 2020 con la pandemia por COVID-19, la enfermedad generada por el coronavirus SARS-Cov2. Para contener la transmisión rápida del virus, los gobiernos iniciaron estrategias que han implicado el confinamiento en nuestras casas, reduciendo nuestra movilidad y con ello la del virus mismo. Esto se ha reflejado en una disminución en los niveles de ruido sísmico en las estaciones sismológicas del mundo, sobre todo en aquellas instaladas en ciudades. En México, a partir del 23 de marzo inició la campaña de #QuédateEnCasa, pidiendo a la población que no se dedicaba a actividades esenciales y que estaba en posibilidades de hacerlo, quedarse en casa. El efecto en el ruido sísmico en las estaciones en las ciudades, sobre todo en la Ciudad de México fue inmediato, llegando a su mínimo en la primera semana de mayo. Sin embargo, también para esas fechas, el discurso del Gobierno cambió al regreso a la “Nueva Normalidad”, planteada a partir del 17 de mayo. Si bien, en varias ciudades del país no hubo una relajación en las medidas de confinamiento, se comenzó a manifestar un aumento en el ruido sísmico. Éste continuó en ascenso, mostrando fluctuaciones y, en general, sin regresar a los niveles normales en lugares como la Ciudad de México. Por otro lado, en algunas estaciones no se observó una disminución relacionada con la actividad humana, sino que incluso se observó un aumento. En este trabajo se exploran, por un lado, la relación de los niveles de ruido sísmico con las medidas de confinamiento implementadas por los gobiernos estatales y los casos activos de COVID-19 en los sitios donde se encuentran las estaciones sismológicas; y por el otro, con diversos aspectos de la sismicidad, como lo son la percepción del movimiento por sismos pequeños a moderados, así como estadísticas en el catálogo del Servicio Sismológico Nacional.

SIS-12

INVERSIÓN DE LA FORMA DE ONDA COMPLETA DE SISMOS REGIONALES SUPERFICIALES EN MÉXICO

Gómez González Juan Martín
Centro de Geociencias, UNAM
gomez@geociencias.unam.mx

Invertimos el tensor de momento sísmico (TMS) de temblores someros ocurridos en la Sierra Madre Oriental (SMOr) y la región de Oaxaca. Modelamos la forma de onda completa utilizando datos de banda ancha registrados por el Servicio Sismológico Nacional. La inversión se basa en el método de mínimos cuadrados e incluye una optimización de los ajustes entre las formas de onda observadas y sintéticas. La inversión es muy sensible a los detalles del modelo de velocidad, ya que éste condiciona el intervalo de frecuencias para el cálculo de las funciones de Green. También depende de la correcta recuperación del TMS y la calidad de la estimación de la profundidad de los eventos más someros. En ambas regiones utilizamos varios modelos de velocidad encontrados en la literatura, cuyos ajustes de las formas de ondas fueron deficientes. Evaluamos la sensibilidad de las soluciones en función de la cantidad y distribución de las estaciones, así como la relación entre la magnitud y profundidad de los eventos con respecto a la distancia fuente-estación, la cual es fundamental para determinar el rango de frecuencias invertibles en cada evento. Para probar el nivel de resolución del TRM seleccionamos la región de Oaxaca debido a su mayor tasa de sismicidad reciente ($8 < h < 25$ km; $3.5 < Mw < 4.5$) y cantidad de estaciones. Después de modificar las capas más superficiales del modelo de corteza los resultados preliminares muestran un mejor ajuste en el intervalo de frecuencias [0.03-0.07] Hz. La metodología de inversión permite explorar

la reducción de la varianza, el porcentaje de doble par, el número de condición y el espacio de solución (“jackknifing”), lo que ayuda a reducir la incertidumbre y facilita la estimación de soluciones más aceptables. Esta inversión de los parámetros estadísticos proporciona una zona de ajuste máximo en el espacio del TMS. Si bien la metodología se puede utilizar con dos estaciones, ello puede producir algunos efectos espurios, los cuales podrían llevar a una interpretación errónea en zonas con menores menor información de la estructura de velocidades y reducida cobertura de estaciones. Por ello seleccionamos la SMOr, donde la tasa de sismicidad baja ($3 < h < 15$ km; $3.5 < Mw < 4.1$) y los pocos tensores que se han calculado han sido con base en las polaridades de primeros arribos. Para estudiar los sismos más someros utilizamos el intervalo de frecuencias de [0.05-0.09] Hz. Los ajustes aún son deficientes, por lo que se requieren explorar otros modelos de corteza. La inversión del TMS puede ayudar a corregir la distribución de estaciones para estudiar eventos más pequeños, así como ofrecer información más confiable sobre las estructuras activas asociadas a la sismicidad reciente.

SIS-13

SEISMIC MOMENT TENSOR INVERSIONS USING A 3-D STRUCTURAL MODEL: APPLICATION TO CENTRAL AND SOUTHERN MEXICO

Espíndola Carmona Armando, Valero Cano Eduardo y Peter Daniel
King Abdullah University of Science and Technology, KAUST
armando.espindolacarmona@kaust.edu.sa

Advances in seismic imaging techniques such as ambient noise tomography and full-waveform inversion (FWI) have allowed to obtain increasingly accurate regional 3D tomographic Earth models. It is therefore now feasible to use more realistic 3D regional models to retrieve seismic source parameters with higher accuracy, accounting for crustal and upper mantle heterogeneities. Nevertheless, the use of 1D instead of 3D models is employed routinely to constrain seismic moment tensor solutions, due to its efficiency and near real-time application even though results may be affected by small-scale heterogeneities. We develop a systematic study to quantify the impact of surface topography and 3D regional velocity models on seismic moment tensor inversions. We precompute three different sets of receiver side strain Green’s tensors (SGT) in time and space. The first SGT data set is computed using a discrete wave number (AXITRA) code of Cotton and Coutant [1997] for a layer media. The second and third are computed by spectral-element simulations (SPECFEM3D), employing a layered media with surface topography and a new 3D tomographic model of Central and Southern Mexico. We perform a series of inversions for every earthquake in an assembled local earthquake catalog, using body waves and surface waves for a grid search over the moment tensors and source depths to minimize the waveform misfit. We compare the solutions between the three seismic moment tensor data sets and study the advantages of using a 3D structural model. Based on our analysis, we recommend accounting for a 3D tomographic model to yield more accurate seismic moment tensor solutions. Finally, the ultimate goal for this research is an automated seismic moment tensor inversion workflow for Mexico.

SIS-14

DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE VELOCIDADES PRELIMINAR EN EL CAMPO VOLCÁNICO MASCOTA, JALISCO; USANDO FUNCIONES DE RECEPTOR

Barajas Flores Eder Omar¹, Zamora-Camacho Araceli¹, Espíndola Castro Juan Manuel² y Márquez Ramírez Víctor Hugo³
¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara
²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
³Centro de Geociencias, UNAM
ederbarajas2@gmail.com

El Bloque Jalisco, del oeste de México, es notable por la ocurrencia de cuatro campos volcánicos (Mascota, Los Volcanes, Ayutla, Tapalpa) que presentan conos de escoria altamente potásicos y flujos de lava (Ownby et al., 2008). De acuerdo con los autores mencionados, estos cuatro campos volcánicos definen una tendencia lineal que es paralela al eje principal del Cinturón Volcánico Mexicano, pero se ubican #70 km más cerca de la trinchera, donde la Placa Rivera subduce debajo de la Placa Norteamericana. El campo volcánico Mascota (CVM) incluye el área alrededor de San Sebastián del Oeste, al norte, y Talpa de Allende, al sur. Abarca un área de #2000 km², contiene #87 pequeños conos y flujos de lava, y está orientada de norte a sur. Se ubica a 60–100 km sobre la losa de subducción y a 120–160 km de la trinchera centroamericana. Se encuentra en una serie de grabens de tendencia noroeste dentro del Bloque Jalisco. Estos grabens tienen de 2 a 5 km de ancho con hasta 900 m de relieve cortando el basamento (Owmy et al., 2008). Dentro del aspecto sísmico, hasta el año 2018 no existía ningún trabajo para el CVM (Olvera et al., 2018). Desde ese año a la fecha, se realizan estudios sobre la sismicidad local en el área, sin embargo, no existe un modelo previo que permita conocer la estructura de la corteza ni las velocidades de onda para los estratos más importantes. En este trabajo se eligieron 15 telesismos en los que el arribo de la onda P es muy claro, ocurrieron a distancias entre #30° y #80°, con magnitudes Mw # 6 y profundidades menores a 50 km y mayores de 200 km. Se utilizó el catálogo de sismos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) para su selección. Posteriormente, se realizó el trabajo de gabinete para procesar los datos y obtener la Función de Receptor para cada

estación, con lo que se pudo inferir el grosor de la corteza y la profundidad de otros estratos importantes en el campo volcánico. Agradecemos el apoyo al proyecto UNAM-DGAPA 2018PAPIIT-IA103618; CA-UDG941 Ciencias de la Tierra – Peligros Naturales.

SIS-15

INVERSIÓN DE FASE W PARA SISMOS EN MÉXICO DE M_w # 5.5 QUE OCURRIERON DE 2010 A 2019

González-López Deni M.¹ y Pérez-Campos Xyoli²¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
deni2607@comunidad.unam.mx

La República Mexicana está situada en una zona sísmica, cuya actividad deriva de la interacción de las placas tectónicas de Norteamérica, Pacífico, Cocos, Rivera y Caribe. Si bien es cierto que los estados en la costa del Pacífico presentan un mayor impacto por la sismicidad del país, otros estados al interior de la República también se han visto gravemente afectados, como es el caso de la Ciudad de México. Por esta razón, la rápida caracterización de la fuente sísmica y sus efectos tiene una gran relevancia. El propósito de este trabajo es describir los resultados obtenidos con la metodología de inversión de la fase W, empleando los datos de la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN), para eventos de M_w # 5.5 que han ocurrido en México entre los años 2010 y 2019. La solución obtenida con fase W es comparada con la solución rápida que obtiene el SSN, la reportada por el United States Geological Survey y por la agencia Global Centroid Moment Tensor (GCMT), mostrando la consistencia y validez de la solución regional. La diferencia de magnitud de todos los eventos pocas veces excede 0.2. Las discrepancias más importantes en cuanto a magnitud y mecanismo focal parecen estar relacionadas con un menor número de canales y estaciones usados en la inversión. También se observó que los mecanismos focales que se obtienen en la solución revisada de fase W para los sismos que ocurren en la zona de fractura de Rivera muestran mayor diferencia, con respecto al resto de las agencias, en el echado de uno de los planos nodales. El mayor valor del gap azimutal, reportado en los resultados de la inversión se obtiene para eventos de Chiapas y del Norte de Baja California, sin embargo, no afecta la magnitud ni el mecanismo focal. Los resultados muestran que la solución regional que se obtiene con la inversión de la fase W para eventos de magnitud mayor o igual que 5.5 en México es confiable.

SIS-16

LECCIONES DE UN SISMO DE BAJA MAGNITUD (M_w 3.2) QUE PRODUJO LAS MÁS ALTAS ACELERACIONES JAMÁS REGISTRADAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Krishna Singh Shri¹, Quintanar Robles Luis¹, Arroyo Danny², Cruz Atienza Victor Manuel¹, Espindola Castro Victor Hugo¹, Bello Segura Delia Iresine¹ y Ordaz Mario¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Autónoma Metropolitana
krishnamex@yahoo.com

La estimación del Peligro Sísmico en la Ciudad de México (CDMX) ha enfrentado a lo largo de los años el reto del pobre conocimiento de la estructura local, el escaso conocimiento acerca de la actividad de las fallas cartografiadas, la presencia de efectos de sitio que provocan amplificaciones diferenciales del movimiento del suelo dentro del Valle de México (VM) y, hasta hace algunos años, la ausencia de una instrumentación sísmica apropiada en esta región. Aprovechando la densificación de estaciones sísmicas en el VM que se ha dado en los últimos 10 años, se han podido determinar con mayor precisión las zonas donde se presenta la mayor parte de la actividad sísmica. Una de estas zonas es el Poniente de la CDMX, en donde entre Junio y Agosto de 2019 se presentó una secuencia de sismos de baja magnitud, la cual pudo ser registrada en varias de las estaciones de la Red Sismológica de la CDMX. El mayor de los eventos de la secuencia, de magnitud M_w 3.2 causó pánico en una parte de la población provocando aceleraciones pico (PGA) instantáneas del orden de los 300 gals en la estación más cercana, localizada a una distancia hipocentral de aproximadamente 1 km. La inversión del Tensor de Momento Sísmico de este sismo muestra una falla normal con dirección NE-SW, acorde con el rumbo de las fallas cartografiadas en esa zona asociadas a la Sierra de las Cruces. Del análisis de los registros de aceleración en las estaciones dentro de un radio de 10 km del epicentro, se ha encontrado que este sismo tuvo un notable valor bajo en su caída de esfuerzos, menor a 10 bars, probablemente debido a su carácter superficial. Asimismo, los altos valores de PGA registrados son el resultado, entre otras causas, de una amplificación del campo de ondas debido a efectos de sitio locales en el rango de las altas frecuencias. Mediante la técnica de Funciones de Green Empíricas, se ha simulado el movimiento del suelo que un sismo de M_w 5 con epicentro en la CDMX ocasionaría en diversas zonas de la capital, obteniendo valores significativos de intensidad en la zona de lago. Lo anterior hace evidente la necesidad de hacer una reevaluación más precisa del peligro sísmico en la CDMX debido a sismos locales.

SIS-17

VARIABILIDAD DE LA AMPLIFICACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS EN EL VALLE DE MÉXICO

Aguilar-Velázquez Manuel J.¹ y Pérez-Campos Xyoli²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

manuel.aguilar.411@gmail.com

El Valle de México (VM) ha sido afectado por grandes sismos que fueron localizados, tanto en la costa del Pacífico mexicano como dentro del territorio continental. Diversas observaciones han demostrado que el tipo de fuente puede generar efectos diferentes en la amplificación de las ondas en el VM (p.ej. Singh et al., 2015; Singh et al., 2018). Por otro lado, Pérez Campos (1996) observó que las ondas generadas por los sismos se amplifican de manera diferente, dependiendo de la dirección de la cual provenga cada uno, lo cual se asoció a las diferentes estructuras que las ondas recorren, así como a la geometría de la placa de Cocos. Lo anterior inspiró el presente trabajo, en el cual se utilizó la técnica de cocientes espectrales con estación de referencia (CEER) para cuantificar la amplificación de las ondas. Se utilizaron datos de eventos sísmicos, registrados en la Red Sísmica del Valle de México entre 2010 y 2019, cuya magnitud fuera mayor de 6.0 (de acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional). Además, se utilizó al cociente H/V para corregir cada CEER por efecto de sitio (CEERC), lo cual supone que la interpretación incluirá solo el efecto de las ondas antes de llegar a la cuenca. Se presentan los CEERC clasificados en cinco zonas sísmicas, comprendidas desde Chiapas hasta Baja California. Dentro de cada zona sísmica, se vuelven a dividir los eventos, pero ahora por estación de referencia utilizada y por tipo de fuente. Se observó que los eventos provenientes de la región Chiapas-Oaxaca sufren una atenuación en altas frecuencias, lo cual es consistente con las observaciones que asocian este fenómeno al vulcanismo activo (p.ej. Shapiro et al., 2000; Singh et al., 2006; Singh et al., 2007; Chen y Clayton, 2009). Así mismo, se observó que los eventos sísmicos que recorren una distancia considerable de corteza oceánica (provenientes de las zonas Jalisco-Colima y Baja California) sufren una amplificación en altas frecuencias (a partir de 3 Hz). Finalmente, se identificaron diferencias en sismos con fuentes sísmicas distintas en la zona Guerrero-Michoacán y Baja California.

SIS-18

LA SECUENCIA SÍSMICA DE IXTLÁN DEL RÍO 2018-2019 Y SU IMPLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO DE LA REGIÓN

López Gustavo¹, Pérez-Campos Xyoli², Montalvo-Arrieta Juan Carlos³ y Zamora-Camacho Araceli⁴¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México³Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León⁴Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadaluajara
gustavo.s.l@comunidad.unam.mx

En el periodo de diciembre de 2018 a abril de 2019 ocurrió una secuencia sísmica a 25 kilómetros al noreste de Ixtlán del Río, Nayarit. El área epicentral comprende 35 kilómetros siguiendo la tendencia del Río Santiago desde los límites entre Nayarit y Jalisco, cerca de la presa La Yesca, hasta los alrededores de la presa El Cajón, próxima a Tepic. El interés en este enjambre deriva de la poca actividad sísmica reportada por el Servicio Sismológico Nacional para esta región (13 eventos) previo a diciembre de 2018. Utilizamos un algoritmo de detección automática basado en evaluar la semejanza entre formas de onda a partir de sus huellas binarias, identificando 127 eventos. Mediante localización manual picando arribos de fase P y S ubicamos los epicentros dentro del Rift Tepic-Zacoalco, una zona estructuralmente compleja donde se encuentran diferentes conjuntos de fallas, algunas de las cuales resultaron compartir lineamientos con los epicentros de la secuencia después de la aplicación del método de re-localización basado en dobles diferencias. Además, obtuvimos soluciones de mecanismos focales compuestos de polaridades de fase P, los cuales resultaron concordantes con rumbos y mecanismos para los sistemas de la zona. Las características descritas explican parcialmente el origen de esta secuencia; sin embargo, en este trabajo buscamos dar con el régimen sísmico que activó la inusual secuencia. La correlación temporal con la historia de llenado de las presas El Cajón y La Yesca ponen en cuestionamiento un proceso puramente tectónico y dan pie a considerar en la explicación un caso de sismicidad inducida. La relevancia de precisar su origen recae en la adecuada evaluación peligro sísmico en la región.

SIS-19

RE-ANÁLISIS DE GRANDES SISMOS HISTÓRICOS: RELOCALIZACIÓN DE LA SECUENCIA SÍSMICA DE 1928 EN OAXACA, MÉXICO

Corona Fernández Raúl Daniel¹ y Santoyo García Galiano Miguel Ángel²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
geofisica.corona@gmail.com

El re-análisis de la sismicidad histórica en México permite ampliar nuestro conocimiento sobre la sismicidad y el ciclo sísmico, especialmente en zonas altamente tectónicas. Durante el año de 1928 tuvo lugar una inusual secuencia sísmica en el estado de Oaxaca de cinco sismos, tres de ellos con magnitud $M \geq 7.5$, los cuales fueron registrados en las entonces nueve estaciones del Servicio Sismológico Nacional (SSN), equipadas con sismógrafos estáticos Wiechert de diferentes periodos fundamentales. Para relocalizar eventos históricos utilizamos dos metodologías distintas: por una parte el programa SEISAN (EARTHQUAKE ANALYSIS SOFTWARE), creando un S-file obteniendo los tiempos de arribo de fases P y S directamente sobre las imágenes escaneadas de los registros regionales originales en papel ahumado, esto con la ayuda del módulo de funciones de análisis del software TIITBA-HISVAC GUI (Corona-Fernandez and Santoyo 2020, in prep). Por otra parte, mediante una nueva metodología de inversión Bayesiana modificada de Minson et al. (2013) y Minson & Lee, (2014), que considera tiempos de arribo observados para las ondas P y S, y la localización de la estación que reporta esos tiempos. Esta metodología utiliza una solución analítica que permite calcular la función de densidad de probabilidad posterior (PDF por sus siglas en inglés), que representa todas las localizaciones posibles de hipocentros mediante la simulación de Monte Carlo con solo los tres parámetros que la ubicación espacial del hipocentro (longitud, latitud y profundidad) (Minson y Lee, 2014). Para esta última metodología utilizamos entre otras, la base de datos del boletín sismológico en línea del International Seismological Centre (ISC International Seismological Centre, 2020, On-line Bulletin, <https://doi.org/10.31905/D808B830>) en donde se reportan los tiempos de arribo para ondas P y S, localizaciones y magnitudes de diferentes autores y agencias sismológicas alrededor del mundo, algunas de ellas aún vigentes. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos comparados con las localizaciones previamente reportadas y se analiza la incertidumbre de cada metodología, considerando que durante ese periodo no se tenía una sincronización adecuada de la hora entre las diferentes agencias sismológicas al reportar el arribo de fases sísmicas.

SIS-20

IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE REGISTROS SÍSMICOS USANDO REDES NEURONALES PROFUNDAS: APLICACIÓN AL SISMO DE CERRALVO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Aguirre Alfredo¹, Ortega Roberto¹, Santillán Israel² y Martínez Saul²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada²Instituto Tecnológico de La Paz
aaguirre@cicese.mx

El sismo de Cerralvo es intrigante en muchas maneras, probablemente la presencia de Henriette causó un aumento en el número de réplicas por lo que necesitábamos un algoritmo de detección. Las características en el dominio del tiempo y la frecuencia son el mejor enfoque para la detección sísmica. Diseñamos un modelo de aprendizaje automático de detección automática para clasificar las ondas sísmicas utilizando una red neuronal artificial. La arquitectura de la red neuronal artificial consiste en una entrada con 50 neuronas, la primera capa de 40 neuronas, 2 capas ocultas de 140 neuronas y una capa de salida de 2 neuronas. Propusimos realizar una segmentación de forma de onda sin superposición, por lo que dividimos la forma de onda en 6 segmentos. Se seleccionaron las características más relevantes para la clasificación de las señales sísmicas en los dominios de tiempo y frecuencia. Transformamos la señal en un conjunto de vectores de características que dividen el procesamiento de la señal en dos partes: preprocesamiento y extracción característica. La biblioteca ObsPy (Beyreuther et al., 2010) fue nuestra herramienta principal para la etapa de preprocesamiento. En la etapa de preprocesamiento, eliminamos la respuesta del instrumento y realizamos una corrección de referencia. Luego aplicamos un filtro de respuesta finita FIR de segundo orden en el rango de 0.075 - 10 Hz que normaliza la señal para obtener un rango entre -1 y 1, tenga en cuenta que solo usamos el componente vertical. Inicialmente, se obtuvieron 120 características de entrada multiplicando 6 segmentos de la onda sísmica por 20 características (11 características en el tiempo y 9 en la frecuencia). Para el preprocesamiento, se realizó un procedimiento de normalización. Se aplicaron varias técnicas de reducción de dimensionalidad, como la selección de características aplicando un filtro de baja varianza, un filtro de alta correlación con un valor umbral > 0.85 y la importancia de las características utilizando procesos aleatorios. La reducción de la dimensionalidad también se realizó a través de un análisis de componentes principales (PCA), reduciendo a 50 componentes que explican el 97.38% de la varianza de los datos. Con estas técnicas, es posible reducir la complejidad computacional del algoritmo.

SIS-21

AN UNSUPERVISED-LEARNING BASED WORKFLOW FOR PHASE PICKING ON MICROSEISMIC DATASETS

Valero Cano Eduardo, Akram Jubran y Peter Daniel

King Abdullah University of Science and Technology, KAUST
eduardo.valerocano@kaust.edu.sa

Travel times of seismic phases are a common requirement for processing seismic data in both earthquake and exploration seismology. For large datasets, like the ones recorded during microseismic monitoring operations, automatic picking methods are frequently used instead of manual picking. Despite the numerous phase picking algorithms documented in the literature, there is still room for improvement. Existing algorithms often lack in multiphase-classification and picking and performance accuracy. In this work, we present an automatic workflow that efficiently classifies and picks P- and S-wave arrival times on microseismic datasets. First, we identify time intervals for possible signal arrivals on the waveform recordings using the unsupervised-learning algorithm fuzzy c-means. Second, based on the polarization attributes of the waveforms contained within, we classify these intervals as a P or S wave. Third, we obtain the P- and S-wave arrival times by applying the Akaike information criterion (AIC) picker on the corresponding intervals. Finally, we implement this workflow on a real microseismic dataset, assess its limitations, and show that it yields accurate arrival picks for both high and low signal-to-noise ratio waveforms.

SIS-22

TIITBA-HISVAC: A GUI FOR HISTORICAL SEISMOGRAMS VECTORIZATION, ANALYSIS AND CORRECTION

Corona Fernández Raúl Daniel¹ y Santoyo García Galiano Miguel Ángel²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
geofisica.corona@gmail.com

During the first half of the XXth century, the seismicity in Mexico has been mainly recorded by means of mechanical seismographs. During this period, the stations of the Mexican seismological network were mainly equipped with different types of Wiechert instruments. The smoked paper recordings, has been stored by the National Seismological Service at UNAM. Several programs for the digitization of seismograms are currently available; however, most of them are useful under some specific seismogram conditions and formats, which most of the first half of XX century Wiechert seismographs records usually do not comply; e.g., the time marks are mostly not aligned on paper, which restrain the semiautomatic algorithms included in the existing digitizing softwares. Also, few of them can obtain among other corrections, specific instrument response corrections to obtain ground displacements; in addition, some are not easily portable among platforms or aren't open source. In order to preserve, recover and bring to digital format this vast seismological information, we developed a new portable multi-platform software to vectorize analog seismograms of historical earthquakes together with a graphical user interface (GUI) for the digitization and correction process of historical seismograms, especially for those recorded on smoked paper from early 1900. The program is written in Python open-source, and is divided into three modules: a first one for the digital image processing; a second one for the vectorization process, and a third one for applying different basics corrections. The program accepts large raster images with high and very high resolutions. After vectorization, seismograms can be re-sampled to different constant time intervals, and corrected for baseline shift, linear trend, needle curvature, and instrument response (e.g. Wiechert seismographs) among other additional analysis functions; data files can be saved in different formats like ASCII or SAC format.

SIS-23

WESTERN MEXICO SEISMIC SOURCE CHARACTERIZATION FOR THE SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF THE JALISCO-COLIMA-MICHOACÁN REGION

Sawires Rashad¹, Santoyo García Galiano MiguelÁngel², Peláez Montilla José Antonio³ y Henares Jesús⁴¹Department of Geology, Faculty of Science, Assiut University, Assiut, Egypt and Institute of Geophysics Morelia Campus, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Morelia, Michoacán, Mexico.²Department of Seismology, Institute of Geophysics, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Mexico.³Department of Physics, University of Jaén, Jaén, Spain⁴International University of La Rioja, Logroño, Spain
rashad.sawires@gmail.com

The Jalisco and Michoacán Blocks are crustal segments of the continental North American Plate, originated as a result of the deformation produced by the subduction of the Cocos and the Rivera Plates beneath the North American Plate in Western Mexico. The June 3, 1932, Mw 8.2, Colima-Jalisco, the September 19, 1985, Mw 8.1, Michoacán, and the October 9, 1995, Mw 8.0, Colima earthquakes are clear examples of the largest earthquakes located at this region, contributing to the seismic hazard of large populated cities in the Jalisco-Colima-Michoacán region. Herein, we

developed a new seismic source area model for the surroundings of this region to be used as an input for the assessment of the seismic hazard. This new model is based on a recently published revised Poissonian earthquake (1787-2018) and focal mechanism (1963-2015) catalogs, as well as all available information about geology, tectonics, crustal thickness and active faults in the area. The proposed model consists of a total of 37 area sources, comprising all different possible categories of seismicity in the region: shallow crustal (14 zones with $h \# 50$ km; labelled as SC-01 to SC-14), interface/interplate subduction (9 zones with $h \# 35$ km; labelled as SUB-01 to SUB-09), intermediate-depth inslab/intraplate (9 zones with $35 < h \# 75$ km; labelled as IN-01 to IN-09), and deeper inslab/intraplate (5 zones with $h > 75$ km; labelled as IND-01 to IND-05) earthquakes. A special care was taken during the delimitation of the boundaries for each area source to ensure that they represent relatively homogeneous seismotectonic regions, and to include a relatively large number of earthquakes that enable us to compute reliable seismicity parameters. The area sources were delimited following the standard criteria of assessing the probabilistic seismic hazard, then, they are characterized in terms of their seismicity parameters (annual rate of earthquakes above Mw 4.0, b-value, and the maximum possible magnitude), seismogenic depth, as well as the predominant stress regime.

SIS-24

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO A PARTIR DE DATOS DE LA RESAJ (ENERO-FEBRERO 2018)

Sánchez Martínez Gilberto José¹, Núñez Escribano Diana² y Núñez Cornú Francisco Javier²

¹Maestría en Ciencias en Geofísica UdeG

²Universidad de Guadalajara, SiSVoc
gilberto.sanz26@gmail.com

La interacción entre las placas de Rivera y Cocos con la placa Norteamericana y el Bloque de Jalisco, hace que sea una de las regiones sísmicas más activas del país. Debido a esta abundante actividad sísmica en la región y con el fin de monitorearla, se inicia en 2009 el proyecto de investigación del CA-UDG-276 (SisVoc), denominado "Red Sísmica y Acelerométrica de Jalisco (RESAJ)". El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar la sísmicidad del Bloque Jalisco y sus alrededores a partir de los datos sísmicos proporcionados por la RESAJ en el periodo enero-febrero 2018, obteniendo la localización y magnitud de los eventos sísmicos existentes, con el fin de poder asociar los resultados con los procesos tectónicos que ocurren en esta región. Durante el periodo de estudio, se han relocalizado 168 eventos con el programa HYP071 y un modelo de velocidades adecuado para el Bloque de Jalisco. La distribución geográfica de tales eventos indica la existencia de importantes zonas sísmogénicas, las cuales deben caracterizarse geológica y tectónicamente.

SIS-25

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL CAMPO VOLCÁNICO MASCOTA, JALISCO PARA EL PERIODO AGOSTO 2018 – JUNIO 2019

Olvera Cortés Moisés¹, Zamora-Camacho Araceli¹, Espíndola Castro Juan Manuel² y Márquez Ramírez Víctor Hugo³

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

³Centro de Geociencias, UNAM
moises.olvera@alumnos.udg.mx

El Campo Volcánico Mascota (CVM) se encuentra dentro del Bloque de Jalisco (BJ), una de las zonas con mayor actividad sísmica derivada por la subducción de las Placas de Cocos y Riviera debajo de la Placa Norteamericana. El CVM es considerado como el más joven dentro del bloque con la última erupción reportada hace 0.6 Ma aproximadamente (Lange et al., 1991 y Carmichael et al., 1996). De acuerdo con Ownby et al., 2008 tiene una superficie de ~2000 km² con 87 conos pequeños y coladas de lava con edades entre 2 Ma y 0.5 Ma de composición tanto alcalina como calco-alcalina. Por tales motivos se decidió estudiar la sísmicidad local para entender los procesos tectónicos y volcánicos que se tiene en la zona. La sísmicidad solo se conoce marginalmente en relación a la del BJ, por tal motivo en un estudio preliminar se instalaron 3 estaciones sísmicas dentro del campo para el análisis de un periodo de 8 meses donde se concluyó que la actividad tectónica en su mayoría estaba asociada a la parte suroeste del campo, razón por la que se instaló una cuarta estación en esta zona con la finalidad de precisar las localizaciones. En este estudio presentamos los resultados del análisis de la sísmicidad local para un periodo de 11 meses utilizando 4 sensores sísmicos de banda ancha marca GURALP, modelo CMG-6TD. Se registraron en al menos tres estaciones 581 eventos locales los cuales se localizaron y se obtuvo magnitud de coda con SEISAN. Este trabajo ha sido apoyado por los proyectos CONACyT Problemas Nacionales PDCPN2015-163 y UNAM-DGAPA 2018PAPIIT-IA103618.

SIS-26

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO PARA EL PERIODO DE ENERO A MAYO DE 2019

Jiménez Rivera Alejandro¹, Zamora-Camacho Araceli¹, Márquez

Ramírez Víctor Hugo² y Espíndola Castro Juan Manuel³

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México

³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
alxlanic13@gmail.com

La Ciudad de Guadalajara está ubicada en el estado de Jalisco, es la tercera ciudad más poblada en México con 1 495 182 habitantes (INEGI, 2010) y cuenta con una importante actividad económica. Históricamente se han presentado eventos sísmicos en la región, los más recientes, el enjambre sísmico de 1997, Pacheco et al (1999) y los eventos registrados entre 2012 y 2016 analizados por Yamamoto et al (2018). Encontramos una explicación general a esta actividad sísmica al analizar el contexto geotectónico regional, donde predomina la subducción de las placas de Cocos y Rivera bajo la placa Norteamericana generando la interacción del bloque de Jalisco con el Cinturón Volcánico Transmexicano. Que a su vez provoca los sistemas de fallas que forman los grabens de Chapala y Tepic-Zacoalco. Para analizar la sísmicidad local se instaló una Red Sísmica Temporal que consta de 3 estaciones de banda ancha de la marca Guralp, modelo CMG-6TD. El periodo analizado comprende de enero a mayo de 2019. Se utilizó la inversión del tiempo de arribo de onda P para obtener un modelo de velocidad 1D y se realizó la localización de los hipocentros utilizando SEISAN, así como la magnitud de coda. Este trabajo ha sido apoyado por el Proyecto UNAM-DGAPA 2018 PAPIIT-IA103618 y la beca de ayudante de investigador SNI III (475), así como, la beca de Posgrado.

SIS-27

EXPANSIÓN DE LA RED DEL CENTRO DE MONITOREO VOLCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DEL IIGERCC-UNICACH EN LA ZONA COSTERA DEL ESTADO DE CHIAPAS

Castro Artola Oscar Alberto, Velázquez López Jesús Ernesto y Sánchez Torres Javier Alberto

IIGERCC-UNICACH

oscar.cas.art@gmail.com

La costa sur de Chiapas es una de las regiones con mayor actividad sísmica en el país debido a la interacción de tres placas tectónicas que producen una zona de subducción y un límite transformante con fallas sinestrales (placas de Caribe, Cocos y Norteamérica). Así mismo, la presencia de un volcán activo (Tacaná) amplía la ya diversa gama de señales sísmicas que son registradas por las redes regionales. Lamentablemente, la baja densidad de estaciones complica la detección, localización e interpretación de la actividad sísmológica en la región. Solamente en la última década, en la zona sucedieron 10 sismos con magnitud mayor o igual a 6.0, uno de magnitud 7.3 y al menos dos enjambres con más de treinta eventos cada uno, todo esto aparentemente asociado a la subducción; sin embargo, para mejorar los mapas de peligro y delimitar la geometría de los márgenes con mayor precisión, resulta de vital importancia clasificar la sísmicidad de acuerdo a su fuente tectónica. Con esto en mente, se propuso una expansión de la Red del Centro de Monitoreo Volcanológico y Sismológico del Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Esta expansión se compone de 11 estaciones de bajo costo, donde cada una cuenta con una antena GPS, un sensor de velocidad de 5 Hz, un digitalizador Raspberry Shake 1D, respaldo de energía eléctrica y panel solar, además de conexión a Internet. La instalación se realizó en subdesdes de la UNICACH cuando fue posible y en localidades estratégicas que cumplieran con las especificaciones de energía eléctrica e Internet, de manera que se complementara con estaciones de la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional. De esta forma, se contará con una red de monitoreo en tiempo real, administrada con SeisComP4, con la que seremos capaces de detectar, localizar y clasificar señales de origen tectónico y volcánico.

SIS-28

THE HURRICANE HENRIETTE AND THE CERRALVO EARTHQUAKE: TWO SIMULTANEOUS EVENTS IN LA PAZ, BAJA CALIFORNIA PENINSULA, MEXICO

Ortega Roberto y Carciumaru Dana

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ortega@cicese.mx

Generally, earthquakes and hurricanes are natural disasters that typically occur isolated. Here, we report a unique event where both phenomena occurred simultaneously. The Cerralvo earthquake struck the Gulf of California on September 1, 2007 while Hurricane Henriette landed on September 4, 2007 during the aftershock activity. The Cerralvo earthquake was unusual if compared with typical transform fault seismic events. There was a high number of aftershocks. A total of 1475 aftershocks were detected, contrasting with the low number of aftershocks detected

in the middle Gulf of California which in average is about a dozen. The aftershocks migrated towards the Baja California Peninsula and occurred until January 2008. About 800 aftershocks were located from September to December 2007, but we observed a considerable number of missing aftershocks. The main event was located at 24.957° N and -109.753° W \pm 5 km using the NARS stations. We observed a ridge-parallel linear trend of location, the combination of these characteristics had not previously been observed in transform fault seismic sequences in the Gulf of California, suggesting that this event was caused by different mechanisms compared to the mechanisms of transform faults. We computed the moment tensor of the main event and nine aftershocks of magnitude ($M_w > 4.4$). Six events had a strike-slip mechanism, and three focal mechanisms were represented by tensional cracks. These tensional earthquakes were migrating towards the south-west. Seismicity is possibly controlled by high-pressure fluids. We believe that seismic activity at a depth of the crust is the effect of high fluid pressure, and there are velocity fluctuations and seismic attenuation in the region.

SIS-29 CARTEL

MASSIVE EARTHQUAKE DETECTION USING MATCHED FILTER AND FINGERPRINTING TECHNIQUES

González Guillermo y Husker Allen
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
geomem.gg@gmail.com

Seismology data analysis is becoming a challenge due to the exponential growth of continuous data being stored. In this study we present and compare two methods to massively detect earthquakes: the matched filter and fingerprinting. We have tested matched filter over several study zones of interest: in the Western part of Mexico (the Jalisco Block and nearby zones) to study general seismic activity using more than 2000 templates, in the Isthmus of Tehuantepec in Southern Mexico to track aftershocks from the September, 2017 $M_w 8.2$ earthquake, and in the North Pole to study seismic activity mainly caused by ice cracking, or ice-quakes. We have demonstrated the accuracy of this technique especially detecting low amplitude signals hidden in the noise and coming out when we stack the resulting correlation coefficients over multiple stations. We are now testing fingerprinting, a technique much more efficient computationally, where we focus on extracting a fingerprint of the waveform for several templates in the frequency domain by compressing the resulting spectrogram. We then apply a hash function to create a hash table for our automatically selected templates. Finally we search on all the data streams of the different networks we applied matched filter to match similar fingerprints.

Sesión regular

VULCANOLOGÍA

Organizadores:

Lucia Capra

Pablo Dávila

VUL-1

POST-ERUPTIVE VOLCANIC EARTHQUAKES WITH SPECTRAL PEAKS OF VOLCÁN DE COLIMA, MEXICO

Alcaraz Cabrera Manuel Sebastián¹, Vargas Bracamontes Dulce M.² y Arámbula Mendoza Raúl³¹Facultad de Ciencias, Universidad de Colima²CONACYT-Universidad de Colima³Centro Universitario de Estudios Volcanológicos, Universidad de Colima
sebastian.a.c.27.95@gmail.com

Volcán de Colima is an andesitic stratovolcano located in western Mexico. On July 10th-11th 2015, Volcán de Colima had its major eruption since the 1913 Plinian event. A partial collapse of the dome and of the crater's wall generated several pyroclastic density currents, the largest of which reached 10.3 km to the south of the volcano. During the following months, hundreds of volcanic earthquakes with pronounced spectral peaks reaching up to 30 Hz were recorded. This type of seismic event had not been previously reported for Volcán de Colima. Employing broadband seismic data from August 2015 to February 2017, we characterize these earthquakes and study their temporal variation throughout the different phases of activity, which was dominated by intermittent Vulcanian eruptions along with several dome emplacements in February, September and November 2016. We find that, unlike the rest of common long-period and high-frequency events which can be present during all stages of the activity of Volcán de Colima, the post-eruptive July 2015 earthquakes are exclusively related to the stages of explosive or passive degassing of the volcano. We discuss the possible processes behind their generation as well as their role in the monitoring of Volcán de Colima.

VUL-2

CARACTERIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE LA CONDUCCIÓN TÉRMICA EN MEDIOS POROSOS Y FRACTURADOS

Reyna Bustos Irving Javier y Vega Sandra
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
geouact@gmail.com

El estudio de la conductividad térmica (CT) en rocas volcánicas es de gran importancia, especialmente para entender mejor el comportamiento de los campos geotérmicos. En la actualidad, hasta donde sabemos, son pocos los trabajos en México que exploran el potencial de la CT en rocas. De allí, la relevancia de realizar este tipo de estudio. En particular, el objetivo del presente artículo es analizar el efecto de la estructura porosa en la CT de rocas volcánicas. Para ello se realizaron estudios de microtomografía, petrografía, mineralogía en 7 muestras de superficie pertenecientes al Campo Geotérmico Los Humeros: dos Riolitas, dos Traquitas, dos Andesitas y una Ignimbrita. En este estudio, seleccionamos primero las muestras a analizar basados en la litología y variedad del espacio poroso. Realizamos análisis de petrografía, de Difracción y Fluorescencia de Rayos X para determinar los minerales. Se obtuvieron y procesaron imágenes de microtomografía de rayos X a 26 micras/vóxel para realizar las simulaciones y estimaciones de CT. Así mismo, se obtuvieron imágenes SEM a distintas magnificaciones y resoluciones, resaltando las de 20 micras por píxel para ser comparadas con las imágenes de microtomografía. Las simulaciones realizadas en las imágenes de microtomografía se realizaron bajo dos metodologías: en la primera analizamos las imágenes en su totalidad en 3 direcciones (X, Y, Z), y en la segunda subdividimos las imágenes en 8 cubos en las mismas direcciones. El procesamiento de las imágenes, el cálculo de la porosidad y la CT se obtuvieron con el software comercial Avizo. El cálculo de la CT está basado en el Método de la Placa Caliente. Mas específicamente, las simulaciones realizadas consistieron en aplicar calor a un extremo de las imágenes para así determinar la CT a través de la transferencia de calor hasta el otro extremo de la imagen. A diferentes temperaturas que van de 24.85 a 350 °C (298 a 623.15 grados Kelvin), usando un solo medio saturante a la vez: aire, agua y vapor de agua. Las porosidades obtenidas en las imágenes SEM y de microtomografía dan valores muy cercanos entre sí (>90%). Asimismo, la CT obtenida de las simulaciones se mantiene dentro de los rangos reportados en la literatura. Los valores más altos de CT se presentan en las muestras de litología Riolítica [3.57, 3.9] W/(m²K); le siguen las Traquitas [2.42, 2.92] W/(m²K); las Andesitas [1.81, 2.06] W/(m²K); y la Ignimbrita [1.49, 1.57] W/(m²K). La CT es mayor para las muestras saturadas con agua; mientras que las saturadas con vapor de agua y aire presentan CT muy cercanas, ligeramente mayores para el vapor de agua. Asimismo, encontramos que la CT tiende a disminuir en las muestras con fracturas alineadas, en comparación con las que contienen estructuras porosas distribuidas aleatoriamente. Este es un resultado muy importante que se debe tomar en cuenta en futuros modelajes de propagación de la CT en medios porosos, y amerita futuros trabajos que profundicen este efecto.

VUL-3

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE DESGASIFICACIÓN DIFUSA Y CORRELACIÓN CON SISTEMAS DE FALLAS. CASO DE ESTUDIO EN AGUA CALIENTE - TZITZIO, MICHOACÁN, MÉXICO.

Jácome Paz Mariana Patricia¹, González Romo Irving Antonio¹, Prol Ledesma Rosa María¹, Torres Vera Marco Antonio², Pérez Zárate Daniel³, Rodríguez Díaz Augusto Antonio¹ y Estrada Murillo Aurora María¹
¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México
³CONACYT- Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
jacome@igeofisica.unam.mx

Este trabajo propone una formulación metodológica para analizar la correlación entre desgasificación de suelo y estructuras tectónicas. Se implementaron, por primera vez, el análisis de datos exploratorios (EDA) y el análisis de varianza multivariante (MANOVA), para describir estadísticamente la relación entre la ubicación de las características de desgasificación y la presencia de algunos sistemas de fallas locales, discriminando la dirección de los principales canales de descarga y apuntando a fallas de mayor permeabilidad. Para mostrar la metodología se analizaron datos de flujo de gas del suelo y sistemas de fallas en la zona geotérmica Agua Caliente-Tzitzio, Michoacán. Para esta zona, los resultados muestran que existe una correlación estadísticamente significativa entre la desgasificación difusa de CO₂ y CH₄ y los sistemas de fallas N-S y E-W. Por el contrario, la desgasificación de H₂S no muestra ninguna correlación con los sistemas de fallas, lo que puede estar relacionado con la mayor reactividad de H₂S en comparación con la de CO₂ y CH₄. Tras desarrollar e implementar esta propuesta metodológica, se recomienda utilizar técnicas EDA y MANOVA para establecer las principales direcciones de desgasificación en áreas geotérmicas y volcánicas. La técnica aporta valiosa información a la estructura espacial de desgasificación para fines de exploración geotérmica y monitoreo volcánico.

VUL-4

GEO-MORFOMETRÍA Y CARTOGRAFÍA DE FLUJOS DE LAVA DEL VOLCÁN SAN VICENTE (CHICHONTEPEC), EL SALVADOR, A PARTIR DE DATOS LIDAR

Rojas Moreno Juan Gerardo¹, Dávila Harris Pablo², Escobar Demetrio³, Gutiérrez Eduardo³ y Aguirre Díaz Gerardo⁴
¹Posgrado en Geociencias Aplicadas, IPICYT
²División de Geociencias Aplicadas, IPICYT
³Observatorio Volcanológico, MARN, El Salvador
⁴Centro de Geociencias, UNAM
juan.rojas@ipicyt.edu.mx

Se presentan los procedimientos y resultados preliminares para la obtención de los parámetros geomorfométricos y el mapeo de lavas del volcán San Vicente (Chichontepec) en El Salvador. El análisis se realizó mediante Modelos Digitales de Elevación (MDE) elaborados a partir de datos LIDAR de 1 m de resolución, proporcionados por el Observatorio Volcanológico del MARN en San Salvador, con el objeto de avanzar en el conocimiento del volcán San Vicente, caracterizarlo e identificar los peligros asociados. El Volcán San Vicente es un estratovolcán activo en etapa durmiente que forma parte del arco volcánico de América Central y se ubica hacia el centro-sur del país a 40 Km de la capital y a 9 km de la ciudad de San Vicente y 6 Km de Verapaz. Está compuesto principalmente por intercalaciones de lavas andesíticas y depósitos volcánoclasticos. Tiene una elevación de 2180 msnm y lo conforman dos conos sumitales, de donde se desprenden pendientes de hasta 89°. La caracterización del volcán resulta relevante dada la escasa información que existe acerca de su historia eruptiva, por lo que determinar sus parámetros morfométricos y la estratigrafía de sus diversos eventos eruptivos contribuye al conocimiento del estado actual del volcán. Se realizaron diversas capas de información en SIG, en las que destacan sombreados, mapas de aspecto, pendiente y curvatura. Los cuales se procesaron para elaborar distintas combinaciones que al ser analizadas de manera cualitativa y cuantitativa dieron como resultado parámetros geomorfométricos: de forma, tamaño, área, pendiente, orientación y número de picos secundarios del edificio volcánico. Dicha información, en conjunto con la interpretación geomorfológica se empleó para la realización de diversos mapas del volcán, entre los que destaca el mapa de flujos de lava como principal producto de este trabajo. Con esta información fue posible establecer la secuencia estratigráfica relativa del volcán, distinguiendo de forma remota los diversos lóbulos y depósitos que lo componen. Se identificaron al menos tres tipos de unidades que conforman la estructura del edificio volcánico: flujos de lava, depósitos de bloques y ceniza o piroclásticos y depósitos de lahares. También se logran identificar hasta 80 lóbulos o unidades específicas, pertenecientes según su posición estratigráfica a por lo menos 16 eventos que incluyen fases eruptivas y posibles eventos de colapso de domo. Estos mapas y los parámetros obtenidos funcionan como una forma de identificar las áreas de volcanismo más reciente, por ejemplo, con el cambio en la distribución general de los depósitos, donde los más antiguos siguen una tendencia NE-SW y los más recientes NW-SE. El grado de madurez morfológica y cómo influye este en los eventos más recientes, así como las zonas donde actualmente hay mayor riesgo alrededor del edificio por los eventos

de flujos hiperconcentrados (lahares), como los caracterizados en la zona noroeste del edificio.

VUL-5 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE DOMOS E IGNIIBRITAS DE LA PORCIÓN SUR DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, ESTADOS DE GUANAJUATO Y SAN LUIS POTOSÍ

Jaimes Viera Carmen¹, Aguirre Díaz Gerardo¹, Tristán González Margarito², Aguillón Robles Alfredo², Ramírez Cruz Brenda³ y Serna Bafún Helios⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.

³Universidad de Guanajuato

⁴Posgrado en Geología Aplicada, Facultad de Ingeniería-Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.

cjaimes@geociencias.unam.mx

La Sierra Madre Occidental (SMO) es la provincia ignimbrítica más grande conocida en el mundo, con un volumen ~400,000 km³ y cuyo periodo de máxima actividad ocurrió entre 38 y 23 Ma (1). Estas ignimbritas se asocian a conductos fisurales relacionados a grabens y fallas, con diques piroclásticos, brechas co-ignimbríticas y domos silíceos alineados (2). En la porción sur de la SMO, en los estados de Guanajuato y San Luis Potosí (SLP), se identificaron secuencias estratigráficas en donde destacan dos grandes ignimbritas y grupos de domos silíceos que, por estratigrafía, características texturales, mineralógicas y de espesor, corresponden al vulcanismo de la SMO. Las ignimbritas de Guanajuato-SLP son del Oligoceno y se caracterizan por tener alto grado de soldamiento con pseudobandeamiento horizontal y desarrollo de juntas columnares por enfriamiento. La mineralogía se compone de cuarzo, plagioclasa, sanidino, biotita y hornblenda. En la mayoría de las localidades se observan vitrófidos en la base de las ignimbritas, que sirven como marcadores estratigráficos para correlación estratigráfica. También se identificaron depósitos de oleadas piroclásticas debajo de las ignimbritas. Los domos son pre- y post-ignimbrita; los primeros son de composición dacítica, y los post-ignimbrita son riolitas y riolacitas. Enfocándonos a los domos post-ignimbrita, son rocas devitrificadas, porfídicas con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y sanidino, biotita y hornblenda (estas dos últimas casi siempre oxidadas). La mayoría son domos tipo colada con una parte externa devitrificada con foliación de flujo subhorizontal y columnas verticales (por enfriamiento). La parte interna suele ser vítrea con fenocristales de cuarzo, generalmente oxidado, y plagioclasas, también presenta columnas verticales. Es común encontrar autobrechas en la base de los domos. Aparentemente, por relaciones estratigráficas y distribución, algunos domos silíceos post-coloapso son co-magmáticos con las ignimbritas de la zona. Edades isotópicas de estas unidades están en proceso, pero en ciertos sitios se observa que los domos son claramente post-ignimbrita y probablemente cercanos en los tiempos de erupción. Financiado por PAPIIT-IN106618. (1) Aguirre-Díaz, G.J., Labarthe-Hernández, G., 2003. Fissure ignimbrites: fissure source origin for voluminous ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and its relationship with Basin and Range faulting. *Geology*, 31, 773–776. (2) Aguirre-Díaz G.J., Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Nieto-Obregón, J., Gutiérrez-Palmares, I. 2007. Graben-calderas. Volcano-tectonic explosive collapse structures of the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 04704, 2007. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-04704

VUL-6 CARTEL

REANÁLISIS DE LA SISMICIDAD DEL VOLCÁN EL CHICHONAL TRAS LAS ERUPCIONES DE 1982 MEDIANTE EL ESCANEADO DE LOS SISMOGRAMAS DE PAPEL AHUMADO A UNA ALTA RESOLUCIÓN

García García Laura Elizabeth¹, Calò Marco² y Espíndola Castro Juan Manuel²

¹Instituto Politécnico Nacional, ESIA Ticomán

²Instituto de Geofísica, UNAM

lau.geo2015@gmail.com

El volcán del Chichonal o Chichón, ubicado al norte del Estado de Chiapas en México dentro del Arco Volcánico Chiapaneco, es uno de los volcanes de la región con actividad eruptiva más reciente, además de ser la más catastrófica dejando alrededor de 2000 personas muertas y de causar una gran contaminación ambiental. Según la información recabada por diferentes artículos, tras la primera erupción del 29 de Marzo de 1982 se comenzó a instalar una red sísmica temporal en los alrededores del volcán para complementar una red preexistente ubicada aproximadamente a 50 km, gracias a esta se pudo registrar la actividad sísmica del volcán en más de 20 estaciones. Las formas de onda fueron registradas analógicamente en papel ahumado y tinta, con sismómetros de periodo corto (1 Hz). Actualmente se logró recuperar y catalogar más de 900 hojas de registros relativos a 16 estaciones con las que se tiene información completa del mes de Abril; de estas estaciones, 7 cuentan con registro a partir del mes de marzo y 4 con registros hasta septiembre. Esta información ha sido escaneada mediante un equipo de escáner Contex IQ Quattro a 1200 pixeles teniendo como archivos finales imágenes de alta resolución en formato TIFF de alrededor 1 GB de tamaño. Además, se ha desarrollado una plataforma GUI en Matlab que permite identificar con gran precisión los tiempos de arribo de las principales fases sísmicas (P y S), su

polaridad, así como la duración de los eventos sísmicos. Una estimación preliminar de los errores sugiere que este proceso (escaneo de alta resolución y lectura digital de las fases) puede reducir la incertidumbre sobre los tiempos observados de un factor tres, pasando de 0.1 segundos hasta 0.03 segundos, lo que permitirá generar localizaciones comparables con las de un estudio moderno y proponer una imagen más apropiada y confiable de la sismicidad asociada a la erupción más catastrófica del país en tiempo reciente.

VUL-7 CARTEL

HISTORIA ERUPTIVA DE LA ESTRUCTURA FREATOMAGMÁTICA EN POZO DEL CARMEN, SAN LUIS POTOSÍ

Coutiño Taboada Mariana Elizabeth¹, Saucedo Girón Ricardo¹ y Macías José Luis²

¹Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM

marianacoutino.t@gmail.com

Las erupciones freatomagmáticas son generadas por la interacción agua-magma, la cual provoca una serie de violentas explosiones y alta fragmentación del magma, donde maeres, anillos de tobas y conos de tobas, son estructuras volcánicas desarrolladas a partir de este tipo de erupciones, y son los volcanes más comunes de la Tierra, en cuanto a número, después de los conos de escoria (ambos de carácter monogenético). En la porción central del estado de San Luis Potosí, que forma parte del sector occidental de la Sierra Madre Oriental, existe una importante presencia de estructuras volcánicas de origen freatomagmático de las cuales destacan siete, en donde algunos trabajos han reportado la presencia de xenolitos provenientes del manto y base de la corteza. Por su ubicación, estas estructuras volcánicas han sido agrupadas en dos regiones: Ventura-Espíritu Santo y Santo Domingo; en la primera se ubica el edificio volcánico de Pozo del Carmen, tema de este trabajo. Originalmente este edificio volcánico ha sido definido como un maar, sin embargo a la fecha no hay trabajos que sustenten esta clasificación. Lo cierto es que morfológicamente no responde a una clásica estructura freatomagmática en la que los cráteres usualmente presentan diámetros circulares, algunos de hasta 3 km y profundidades del orden de cientos de metros cortando la superficie pre-eruptiva. En el caso de la estructura de Pozo del Carmen, se presenta como un área hundida de decenas de metros, alargada, con una orientación NE-SW, sin un cráter bien definido, al menos no en la forma clásica. En este trabajo se muestra un estudio estratigráfico y un análisis de facies que nos permite conocer un poco más sobre la historia eruptiva y el proceso de evolución de la estructura volcánica de Pozo del Carmen. Asimismo, un análisis de componentes, granulométrico y de morfología de partículas juveniles nos muestra las diferentes fases eruptivas y cambios en la dinámica eruptiva que esta estructura volcánica presentó durante su desarrollo. Los resultados preliminares, indican que el edificio volcánico corresponde a una estructura freatomagmática atípica en donde su proceso de formación podría ser el resultado de una erupción compleja con alternancia de eventos magmáticos y freatomagmáticos, cuyo punto de emisión de magma (conducto), parece estar asociado a fisuras asociadas a fallas regionales. Por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad del Pleistoceno superior, mientras que la composición del magma que lo generó se clasificó como basanítico.

Sesión especial

LIMNOLOGÍA FÍSICA

Organizadores:

Diego Pantoja

Tzitali Gasca

Jorge Montes Aréchiga

SE01-1

COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y DINÁMICO DE LOS LAGOS CRÁTER DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Barba López María del Refugio¹, Filonov Anatoliy²,
Alcocer Durand Javier¹ y Pantoja Diego Armando²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad de Guadalajara, UdeG
marybarba90312@gmail.com

Se presenta un estudio instrumental de la estructura térmica y dinámica en dos lagos alpinos, El Sol y La Luna, ubicados en el cráter del volcán Nevado de Toluca, México. Ambos lagos mostraron fuertes fluctuaciones de temperatura con un período diurno, principalmente en las capas superficiales de agua, de 2-3 metros de espesor, con una termoclina formándose durante el día y desintegrándose por la noche. Las corrientes en el lago El Sol eran débiles, hasta 3-5 cm/s en la capa superior de 2 m, mientras que en profundidad, se acercaban a cero. El rango promedio diario de fluctuaciones en la temperatura del aire y la velocidad del viento durante el período de observación dentro del cráter muestra fluctuaciones diurnas claramente definidas en respuesta a las influencias atmosféricas. La velocidad del viento durante el período de medición tiene valores de hasta 5-6 m/s al mediodía y disminuye a cero por la noche. Las mediciones mostraron que la temperatura promedio de la superficial en el lago El Sol durante el período de observación es 0.45 °C mayor que en el lago La Luna, y esta diferencia aumenta 0.9 °C con la profundidad. Las fluctuaciones diarias de temperatura en la capa superficial del lago El Sol son más altas que en La Luna, casi 1.5 grados. Parece que la gran diferencia de temperatura entre los lagos ubicados a una distancia de solo 200 m entre sí puede ser causada por sus diferentes capacidades para absorber la radiación solar debido a la presencia de diferentes poblaciones y densidades de algas.

SE01-2

ANÁLISIS HIPERESPECTRAL DEL LAGO DE GUADALUPE

Aguirre Gómez Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
raguirre@igg.unam.mx

El Lago de Guadalupe es un embalse localizado en el Estado de México, colindante con varios municipios. Este cuerpo de agua recibe un volumen considerable de aguas residuales a través de ríos y escorrentías. En este trabajo se presenta un análisis espectral del Lago de Guadalupe utilizando un espectroradiómetro hiperespectral (GER-1500), una imagen SPOT y datos colectados in situ. Las mediciones fueron realizadas a finales del mes de abril de 2018. Las variables medidas incluyen temperatura, clorofila a, transparencia Secchi y datos radiométricos y satelitales, obtenidos de la imagen SPOT. Este cuerpo de agua es cálido monomítico, eutrófico y con una alta sedimentación, los valores de las variables son dependiente del sitio de muestreo y de las condiciones del entorno: pH básico (6.5 – 11.6); [Clo-a] (5.7-105.4 µg l⁻¹), y valores bajos de transparencia Secchi asociado a la profundidad del embalse. Los resultados indican un alto grado de eutrofización y de contaminación, debida principalmente a una alta tasa de sedimentación, a la presencia de fitoplancton, vegetación sumergida y flotante. La correlación entre los parámetros hidrobiológicos y la reflectancia en el intervalo espectral 500 – 560 nm, fue relativamente alta (0.63) y estadísticamente significativa (p=0.05). Con la imagen satelital se ubicaron cuatro zonas ópticas diferenciables espacialmente por las condiciones topográficas y del entorno.

SE01-3

MODOS DE OSCILACIÓN EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MICH., A PARTIR DE OBSERVACIONES 2018

Pantoja Diego Armando¹, Gasca Ortiz Tzitali² y Filonov Anatoliy¹
¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara
²UMICH
diegoseb1@gmail.com

El Lago de Zirahuén es un lago de alta montaña del tipo monomítico, oligotrófico y endorreico. En este estudio se presentan las primeras observaciones de variables físicas del lago (de febrero 2018 a Agosto 2018), a través de una cadena de termistores localizada en la parte más profunda del lago (~ 40 m), además de un ADCP anclado cerca de la misma cadena y transectos de un CTD ondulante. Las observaciones muestran que el lago Zirahuén está sujeto a un viento diurno constante debido a la presencia de una brisa valle-montaña que desencadena oscilaciones de variabilidad semidiurnas y de 3 a 8 h, siendo la última entre las frecuencias naturales del lago, mientras que la primera y principal forzamiento está en resonancia cercana con el segundo modo vertical. La variabilidad termodinámica fue mayor en el metalimnion donde el análisis de las funciones propias muestra que los modos más altos (> 2) son importantes a profundidades por debajo de la termoclina.

SE01-4

CLIMATOLOGÍA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA

Montes Aréchiga Jorge Manuel, Filonov Anatoliy y Pantoja Diego Armando
Universidad de Guadalajara, UDG
jorge.montes@academicos.udg.mx

La temperatura superficial es un importante parámetro para el entendimiento de la dinámica de los lagos, además de que la tendencia de la temperatura observada durante varios años, puede ser un indicador de los efectos de la variabilidad climática en los lagos. El desarrollo de algoritmos de procesamiento de datos obtenidos de radiómetros de exploración a lo largo de la trayectoria (ATSR, por sus siglas en inglés) derivados de satélites, ha permitido contar con bases de datos de la temperatura del agua superficial de lagos (LSWT, por sus siglas en inglés) con buena resolución espacial y largos periodos de medición para una gran cantidad de cuerpos de agua continentales contenidos en la "Global Lakes and Wetlands Database (GLWD)". Para obtener la climatología de la LSWT del lago de Chapala (GLWD 153) se utilizaron las bases de datos ARC Lake (1995-2012) con resolución temporal de 1 a 3 días y resolución espacial de 0.05°, GloboLakes (1995-2016) con resolución temporal de 1 día y resolución espacial de 0.025° y CGLOPS (2002-2012) con resolución temporal de 10 días y resolución espacial de 0.0083°. Los resultados muestran que el promedio anual de la LSWT es ~20.68 °C, con valores máximos de ~27.5° durante los meses de verano y valores mínimos de ~16°C en los meses de invierno. Al realizar un análisis armónico con valores mensuales de la LSWT, se tiene que la señal anual explica el 90% de la variabilidad total con una amplitud de 3.66°C y alcanza su valor máximo en junio. La señal semianual explica el 4% de la variabilidad total de la serie, con una amplitud de 0.8°C y alcanza los valores máximos en octubre/abril. Los resultados muestran que la variabilidad de la LSWT responde al ciclo anual de la radiación solar y las condiciones meteorológicas ambientales.

SE01-5 CARTEL

VARIACIONES TÉRMICAS DEL LAGO CRÁTER DE SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT

Vázquez González Luis Ernesto¹, Filonov Anatoliy¹ y Barba López María del Refugio²
¹Universidad de Guadalajara, UDG
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
airefer2@gmail.com

Se presenta estudio de las variaciones térmicas del lago cráter Santa María del Oro, ubicado en el estado de Nayarit. Los resultados muestran que el lago permanece estratificado la mayor parte del año (de marzo a diciembre) y presenta mezcla de febrero a marzo, cuando tiene un perfil de temperatura casi homogéneo. Casi 700 perfiles verticales de temperatura y estado analizados, tomados con ayuda del perfilador SBE-19plus (exactitud 0.005 °C) en diferentes meses durante los años 2000-2019. Algunos perfiles presentan un ligero aumento de la temperatura a unos 10-20 m por encima del fondo. Además, los casos se observan no solo en los perfiles en la parte central del lago, donde las profundidades alcanzan los 55-60 m, sino también en sus laderas costeras muy empinadas. Se ha sugerido que el calor puede entrar en las capas inferiores del lago a través del fondo de un volcán extinto. Esto debería afectar su estratificación y mezcla. Para confirmar nuestra suposición, en noviembre de 2019, se instalaron tres estaciones de boyas de fondo con ADCP, sensores de temperatura Solo-T (exactitud de 0.001°C) y sensores de presión de RBR para mediciones durante uno o dos años.

SE01-6 CARTEL

BREEZE CIRCULATION IN ALCHICHICA, A CRATER LAKE IN MEXICO

Tereshchenko Iryna¹, Filonov Anatoliy¹ y Alcocer Durand Javier²
¹Universidad de Guadalajara, CUCEI
²FES Iztacala, UNAM, México
itereshc@cucei.udg.mx

We discuss the dynamic response to mountain breeze circulation in Alchichica, a deep crater lake in Mexico. Measurements taken with a level recorder demonstrate that the mountain breeze is coordinated with diurnal level inclinations up to 11 cm and that it simulates free seiches with a period of 2.7 and 2.1 min with amplitudes equal are 7 mm and 4 mm. Measurements carried out with a STD-19 profiler show that in the second half of day the breeze blowing from the north causes a sinking of the thermocline by 3 meters in the southern part of the lake. It appears that periodic inclinations of the thermocline serve as the main mechanism in the generation of internal waves in Lake Alchichica.

SE01-7 CARTEL

CLASIFICACION Y CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO DE ZIRAHUEN, MICHOACAN, A PARTIR DE MEDICIONES DE OXÍGENO DISUELTO, CLOROFILA-A Y PH, E IMAGENES SATELITALES SENTINEL-2

Vega Álvarez Néstor Alberto¹, Pantoja Diego Armando¹ y Gasca Ortiz Tzitali²

¹CUCEI UdeG

²UMICH

nestor.vega@alumnos.udg.mx

El lago de Zirahuén es un lago monomictico, de tipo endorreico y con una profundidad máxima alrededor de los 40 m. Se encuentra a 2,075 m S.N.M. y posee una superficie de 10.48 km². Mediante la aplicación de un CTD con sensores adicionales se realizaron mediciones del perfil vertical del oxígeno disuelto, clorofila-a y pH en distintos puntos del lago. Se encontraron concentraciones de oxígeno disuelto por encima de los 3 mg/L hasta los 16 metros de profundidad, esta concentración es la mínima requerida para la supervivencia de la mayoría de los peces según la EPA. Se encontró un rango de pH de entre 6.5 y 9 hasta los 23 metros de profundidad, dentro del rango aceptable de pH para cuerpos de agua dulce también según la EPA. El rango de clorofila-a encontrado fue de 0 a 8 µg/L, aunque en la mayor parte de las mediciones el valor oscilo entre 0 y 1. Según la OCDE, con concentraciones de clorofila-a de 1 a 8 µg/L un lago se puede clasificar como oligotrófico, lo que quiere decir que sus aguas tienen bajas concentraciones de nutrientes y por lo tanto baja producción primaria, dicho de otra forma, una baja producción de algas que de hecho en un signo de una buena calidad del agua. También se lograron obtener 2 imágenes de satélite correspondiente a dos campañas, con las cuales se pudo obtener un panorama de la distribución espacial de la clorofila-a en todo el lago. Con todo lo anterior se puede catalogar al lago de Zirahuén como un lago con buena calidad en su agua actualmente y con una zona, suficientemente amplia, en la que los peces pueden subsistir que alcanza los 16 metros de profundidad.

SE01-8 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE DIFUSIÓN Y DISPERSIÓN EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MÉXICO

Gasca Ortiz Tzitali¹, Domínguez Mota Francisco Javier¹,

Tinoco Ruiz José Gerardo¹ y Pantoja Diego Armando²

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²Universidad de Guadalajara

tzitali.gasca@umich.mx

El Lago de Zirahuén es uno de los cuerpos de agua mejor preservados en México, es un lago de alta montaña de tipo monomictico y oligo-mesotrófico, pero desafortunadamente el lago se ve afectado por el deterioro de la explotación irracional de sus recursos, además de las fuentes de polución de los asentamientos locales, el pastoreo de los animales y el cambio de uso de suelo, entre otros. Se presentan resultados de la estimación de los parámetros del coeficiente de dispersión para el Lago de Zirahuén que utiliza el modelo Delft3d, mediante experimentos de boyas de deriva modulares (económicas y fácil de ensamblar) e imágenes de un trazador. Además, resultados del problema inverso para estimar el coeficiente de difusión horizontal de la ecuación de transporte.

Sesión especial

**MEDIOS DIGITALES EN LA
EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN
Y DIVULGACIÓN DE CIENCIAS
DE LA TIERRA: RESILIENCIA Y
ADAPTACIÓN ANTE LA PANDEMIA**

Organizadores:

Bernardo Adolfo Bastien Olvera
Raiza Pilatowsky Gruner
Mónica Guadalupe Ramírez Calderón

SE02-1

MODELACIÓN COMPUTACIONAL EN LAS CIENCIAS Y LAS INGENIERÍAS COMO APOYO EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

De la Cruz Salas Luis Miguel¹, López Amezcua Ulises², Ocampo Nava María F.³, Ortega Ibarra Jaime J.⁴, Pérez León Miguel A.³, Ruíz Puga Ingrid P.³, Tapia López José J.⁴ y Teodoro Vite Sergio²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM
luiggix@gmail.com

La modelación matemática y computacional de procesos complejos, como la generación de energía, requiere de recursos humanos expertos en varias áreas del conocimiento, quienes deben tener ciertas habilidades en matemáticas avanzadas y competencias en el manejo ágil de tecnologías emergentes. La esperanza de muchos estudiantes y de cazadores de talentos, es que estos dos elementos se obtengan en las aulas de las diferentes carreras de Ciencias y de Ingenierías. Sin embargo, durante varias entrevistas que realizamos en 2019, observamos que un alto número de estudiantes y profesores no tienen una idea clara de que dichos conocimientos básicos son la clave para abordar y resolver problemas de importancia para la sociedad, por ejemplo optimizar la generación de energías renovables. La consecuencia inmediata es que el porcentaje de cursamiento de tres o más materias, en las facultades de Ciencias y de Ingeniería de la UNAM es mayor al 50%, de acuerdo con datos del portal www.estadistica.unam.mx; también es notable la falta de interés de los estudiantes en temas tan importantes como el Cálculo y el Álgebra Lineal. El proyecto PAPIIME PE101019 (del mismo nombre que este resumen) tiene como objetivo subsanar este problema mediante el desarrollo de herramientas pedagógicas que permitan resolver un problema de la realidad, simplificado, mostrando con claridad donde se aplican los conceptos que se aprenden en los temas antes mencionados. Estas herramientas se basan principalmente en el uso intensivo del lenguaje Python y su entorno científico (scipy.org), y consisten mayormente en notebooks interactivas que el profesor y el estudiante pueden usar y modificar para cubrir los objetivos de cada materia. Estas notebooks se pueden usar localmente o en línea, esto último mediante el uso de Google Colab, a través de un sitio en internet interactivo y usando una aplicación para dispositivos móviles. Además, impulsamos la colaboración entre el estudiante y el profesor proporcionando ejemplos de las metodologías de aula invertida y aprendizaje basado en proyectos. Por otro lado, una de las consecuencias de la pandemia de COVID-19, es que el primer semestre de 2020 finalizó en línea y todos los profesores tuvieron que realizar un esfuerzo enorme para trasladar sus clases presenciales a clases en línea. El impacto de esto lo estudiamos mediante un análisis de la información proveniente de dos encuestas realizadas a profesores y a estudiantes de varias instituciones. Esto último nos permitió adecuar algunas de nuestras herramientas para un mejor uso y aprovechamiento en la modalidad de enseñanza en línea. Finalmente, mostramos la experiencia obtenida del uso de nuestras herramientas en varios cursos que se imparten durante el segundo semestre de 2020. Este trabajo fue financiado por el proyecto PAPIIME PE101019.

SE02-2

PYNOXTLI: SOFTWARE DE MODELADO COMPUTACIONAL PARA LA ENSEÑANZA EN CIENCIAS E INGENIERÍA

De la Cruz Salas Luis Miguel¹, López Amezcua Ulises², Ocampo Nava María F.³, Ortega Ibarra Jaime J.⁴, Pérez León Miguel A.³, Ruíz Puga Ingrid P.³, Tapia López José J.⁴ y Teodoro Vite Sergio²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM
luiggix@gmail.com

El software PyNoxtli permite simular computacionalmente algunos problemas de Ciencias e Ingeniería. Está basado en el método de volumen finito y es capaz de resolver problemas de transferencia de calor, seguimiento de partículas, flujo en medios porosos, entre otros, en dominios rectangulares. Fue desarrollado como parte del proyecto PAPIIME PE101019: "Modelación computacional en las ciencias y las ingenierías como apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje", cuyo objetivo es el desarrollo de herramientas pedagógicas para mostrar con claridad donde se aplican conceptos básicos y avanzados de temas de Cálculo y Álgebra Lineal. Durante el proyecto antes mencionado, después de entrevistar y realizar encuestas a profesores y alumnos de las facultades de Ciencias e Ingeniería de la UNAM, se observó que un alto número de ellos no tienen una idea clara de que los conocimientos básicos de aquellas materias son la clave para abordar y resolver problemas de importancia para la sociedad. En particular se determinó que la falta de práctica en la solución de problemas reales hace que tanto el profesorado como el estudiantado pierda interés en revisar conceptos que son de importancia para realizar una simulación computacional. En este trabajo se presenta como se usa el software PyNoxtli desde un nivel básico de usuario sin experiencia en programación, hasta un nivel de usuario experto capaz de programar algunas cosas adicionales. El nivel básico se describe usando una interfaz gráfica de usuario (GUI), una página

web interactiva y una aplicación para dispositivos móviles; mientras que el segundo nivel se presenta mediante el uso de scripts de programación. Esta herramienta será de libre acceso y durante el segundo semestre de 2020 se aplicará en varios cursos para probar su efectividad. Además, nuestra hipótesis es que esta herramienta permitirá complementar muchas de las materias de Ciencias e Ingeniería durante clases a distancia, que será la nueva normalidad después de la pandemia de COVID-19. Este trabajo fue financiado por el proyecto PAPIIME PE101019.

SE02-3

LAMAT, COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA DESDE LA MULTIDISCIPLINA

Rodríguez Ramos Monserrat, Pérez Gasca Marco Polo, Casas Hernández Eduardo, Rosas Zarco Rosalba, Mata Olay León Samuel Pablo, Bravo Ayala Manuel Alejandro, Chicho Ortiz José Manuel, Castro Morales Mario Alberto y Benítez Colín Diego
LAMAT A.C.

mongeology@gmail.com

LAMAT es un grupo de comunicación científica integrado por profesionistas de diferentes especialidades científicas y técnicas, dedicados a implementar formas y herramientas multidisciplinarias de comunicación. Su objetivo es fomentar una cultura científica para el alcance de toda la población mexicana (principalmente). En estos días en los que tenemos que buscar la manera de adaptar nuestros hábitos frente a la pandemia, se hace indispensable la labor de realizar una comunicación científica de calidad para llevar el conocimiento a la población en general. Nuestro fin es otorgarle las herramientas necesarias para que puedan identificar y revisar fuentes confiables de información y así ayudar a erradicar las noticias falsas o mejor conocidas como fake news. Es por esto que LAMAT está generando proyectos de comunicación científica como infografías relacionadas con las Ciencias de la Tierra, audiovisuales, videos de experimentos para niños, entre otros. Durante la pandemia, se hará uso de las redes sociales (Facebook, Twitter, Instagram, Youtube) para la difusión de las actividades.

SE02-4

EL MUSEO DE GEOFÍSICA ANTE LOS RETOS QUE PLANTEA LA PANDEMIA

Bravo Ayala Manuel Alejandro¹, Soler Arechalde Ana María² y Islas Herrera Mario²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Museo de Geofísica, Instituto de Geofísica, UNAM
abravo@ciencias.unam.mx

El Museo de Geofísica abre sus puertas al público a partir del 2010 siendo sus actividades principales de tipo presencial, intra y extramuros. Tales actividades son: visitas guiadas, ferias de ciencia y participación en instituciones educativas, así como sede de conferencias, congresos, conversatorios, charlas con académicos y exposiciones de arte y ciencia. A partir del 2016 el museo participa como sede del Programa Adopte un Talento (PAUTA). Exceptuando éste último, los temas que se tratan en dichas actividades están siempre relacionados con la divulgación de todas las ramas de la Geofísica y de su historia. A partir del viernes 13 de marzo del 2020 el museo cierra sus puertas, de acuerdo a instrucciones de las autoridades universitarias, viendo así afectadas sus funciones de divulgación y difusión de la Geofísica. Si bien el objetivo de mostrar al museo en redes sociales ha sido el de la difusión de sus actividades, ahora se tiene el reto de llevar muchas de éstas al mundo virtual. Para esto se plantea lo siguiente: la reactivación de su página web oficial, el empleo de plataformas como Zoom y OBS Studio para la organización de actividades académicas grupales y el programa PAUTA, museo virtual, empleo de imágenes 3D para muestra del acervo y aprovechar la presencia que el Museo de Geofísica ha forjado en redes sociales, desde el 2015, para continuar con la difusión de éstas actividades, además de las usuales.

SE02-5

TERRAMÓVIL EN TIEMPOS DE COVID-19

Lopera Gasca Ana Cecilia y Lara Montiel Ilce Tlanezi
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
terramovil@geologia.unam.mx

La función principal del Programa Terramóvil del Instituto de Geología de la UNAM es que, a través de talleres didácticos, estudiantes de nivel básico y medio superior puedan explorar y aprender sobre Ciencias de la Tierra por medio de la experimentación, participación e interacción con los talleristas. En tiempos de COVID -19, Terramóvil se vio afectado al no poder dar presencialmente los talleres, además los directivos y profesores quienes solicitan y apoyan la iniciativa Terramóvil se encontraban a la vez en periodo de adaptación y reestructuración de sus clases para cumplir con su plan de trabajo de acuerdo a los lineamientos de la SEP. El reto para Terramóvil es grande, por esta razón se está buscando la adaptación de los talleres para darlos de manera virtual además de implementar una estrategia que permita acceder e incidir en los estudiantes. En este trabajo se presentará el proceso del diseño y adaptación de los talleres virtuales.

SE02-6

UNA ALIANZA ESTRATÉGICA EN LA COMUNICACIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Martínez Gómez Jesus Daniel y Rentería Nieto Natalia
Instituto de Geofísica, UNAM
 zenitpuma@gmail.com

En años recientes el trabajo en equipo, integrado por geocientíficos y profesionales de la comunicación y de disciplinas afines y complementarias, para la creación de contenidos con valor en la divulgación de la ciencia ha ofrecido buenos resultados como una fórmula eficaz para comunicar temas diversos y complejos de las Ciencias de la Tierra. Los medios de comunicación impresos y digitales, y de manera destacada las redes sociales, dan buena cuenta de estos contenidos, adaptados de manera apropiada para ser difundidos a través de los multimedia. La creación de estos contenidos busca reforzar de manera visual y atractiva el conocimiento científico en Ciencias de la Tierra. En ellos las imágenes sirven como refuerzo de las explicaciones y representaciones de los fenómenos naturales en donde es necesaria la participación de especialistas en ciencia, periodismo y comunicación visual. De ahí la relevancia para hablar de la necesidad e importancia de buscar en la transdisciplina al o la especialista compatible con nuestras necesidades profesionales para aportar nuevos recursos a nuestras tareas de comunicación y divulgación de las Ciencias de la Tierra. Haciendo énfasis en las ventajas competitivas que esto implica, y en el enriquecimiento y fortalecimiento de los equipos de trabajo para generar mejores contenidos de valor comunicacional. Palabras Clave: Transdisciplina, Redes Sociales, Ciencias de la Tierra, Comunicación Visual.

SE02-7

A UN AÑO DE NUESTRA FUNDACIÓN: DIVULGACIÓN TERRÓLOGA COMO UN ESPACIO VIRTUAL PARA LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Martínez Abarca Luis Rodrigo¹, Cárdenas Fuentes Estefanía²,
 Sámano-Albarrán Ricardo³ y Valdez Juárez Tannya¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Sustentabilidad

³Facultad de Filosofía y Letras, UNAM
 romart.geo@gmail.com

Las redes sociales son en nuestros tiempos los mayores medios de comunicación a nivel global. Su constante uso y exponencial crecimiento hace a estos medios digitales un importante puente de comunicación entre la comunidad científica y la sociedad en general. Facebook e Instagram, en particular, ocupan los primeros lugares en los sitios más visitados por los usuarios debido a su interfaz gratuita y de fácil acceso. El 11 de junio de 2019 se fundó la página de Facebook "Divulgación terróloga" con el objetivo de divulgar de manera precisa y clara diferentes procesos que intervienen en la dinámica de nuestro planeta. En esta iniciativa se realizan publicaciones entre los días lunes y viernes con temáticas que abordan cinco principales orientaciones: Ciencias de la Tierra sólida, Ciencias Acuáticas, Ciencias Atmosféricas, Ciencias Ambiental y Ciencias Espaciales). De igual modo, se creó la sección "Jóvenes Investigadores" que de manera esporádica divulga trabajos de investigación de jóvenes egresados de la licenciatura en Ciencias de la Tierra y afines. Los resultados a un año de la apertura de la página son satisfactorios. Al día 27 de julio de 2020, se han realizado 170 publicaciones, de las cuales, 9% corresponden a los "Jóvenes Investigadores", 16% a ciencias acuáticas, 19% a ciencias atmosféricas, 20% a ciencias de la tierra sólida, 16% a ciencias espaciales y 20% a ciencias ambientales. El total de suscriptores es de 2124, sin embargo, la cantidad de personas alcanzadas promedio por publicación es de 2,200. La publicación más visualizada alcanzó cerca de 60 mil vistas orgánicas. El 46% de los seguidores son mujeres mientras el 53% son hombres. Los seguidores de la página son en su mayoría público nacional 89% aunque 4% son de Colombia, 2% de Argentina, 1.2% de Estados Unidos, 1.2% de Chile y 2.6% de otros países como España, Bolivia, Reino Unido, Canadá, entre otros. Nuestras publicaciones han sido traducidas al Inglés, Francés y Alemán. Las publicaciones con mayor cantidad de visualizaciones son las enfocadas a Ciencias Ambientales y Tierra Sólida. Los resultados obtenidos durante este tiempo sugieren la importancia de la divulgación de las Ciencias de la Tierra y el incremento de las personas interesadas en los temas relacionados a problemáticas actuales. La página Divulgación Terróloga representa un espacio donde egresados pueden compartir sus investigaciones y funcionar como un motor que impulse futuras relaciones laborales y académicas. Durante la RAUGM 2020 se presentarán los planes a futuro.

SE02-8

EL TALLER DE CIENCIA PARA JÓVENES Y LAS TICS EN LOS TIEMPOS DEL COVID-19

Gómez González Juan Martín¹, Muñoz Torres María Carolina¹,
 Gómez Altamirano Libia² y Hernández Morales Gil Christian²

¹Centro de Geociencias, UNAM

²DGOAE, UNAM

gomez@geociencias.unam.mx

El Taller de Ciencia para Jóvenes (TCJ) es un proyecto multidisciplinario que fomenta el acercamiento de los estudiantes de bachillerato con la investigación. La inesperada pandemia del COVID-19 alteró la realización de todos los eventos presenciales en la UNAM. La alternativa que encontramos más viable fue organizar un Taller Virtual (TVCJ), ello implicaba varios retos, como promover el evento en muy poco tiempo y encontrar una fórmula para atraer y mantener la atención de los jóvenes. En el primer caso recurrimos a las redes sociales, en el segundo diseñamos un programa más corto, pero atractivo. Conservamos algunas de las actividades más representativas del TCJ y las comprimimos, como los seminarios, talleres de orientación vocacional y mesas redondas. Pregrabamos las sesiones de experimentos y las experiencias de los investigadores y monitores. El mayor reto fue la transmisión remota y la interacción con los talleristas. El elemento clave para el desarrollo del TVCJ fue la participación de los monitores, estos estudiantes de licenciatura tradicionalmente apoyan en el desarrollo del taller, guían a los talleristas, les comparten sus experiencias y los orientan y motivan. Sus habilidades en el manejo de las Técnicas de Información y Comunicación (TICs), su esfuerzo y trabajo logró que se registraran 570 personas. La transmisión la siguieron en directo 150 personas por facebook, y más de 100 de forma diferida. Simultáneamente se utilizaron otros canales para interactuar con los estudiantes. El primer TVCJ es un ejemplo del trabajo colaborativo entre estudiantes de licenciatura de diferentes carreras, varios de ellos fueron talleristas. Aprovechamos la relación y pertenencia de los monitores con diferentes sociedades científicas juveniles, las cuales aportaron material adicional. Si bien el TCJ y el TVCJ son diferentes en alcance e impacto, el TVCJ es un ejemplo de trabajo colaborativo, el cual nos permitió llegar a más estudiantes y en regiones más distantes. Fue una experiencia enriquecedora y representa una buena alternativa que vale la pena seguir explorando para evaluar su potencial y contribución.

SE02-9

RESILIENCIA Y RETOS DE ESTUDIANTES Y DOCENTES DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA, ANTE LA PANDEMIA DE COVID 19

Arellano Gil Javier, Pérez Martínez Ana Laura,
 Soto Ayala Rogelio y Barragán Gasca Fanny Astrid
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
 arellano@unam.mx

La mayoría de los estudiantes de las carreras de Ingeniería Geológica, Geofísica, Petrolera y de Minas y Metalurgista, de la Facultad de Ingeniería, UNAM, han demostrado una enorme capacidad para adaptarse frente a las situaciones adversas provocadas por la pandemia de COVID 19, por lo que se tienen resultados positivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la implementación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), sin embargo, se tienen problemas de diversa índole que no han sido resueltos y que han afectado a la comunidad estudiantil y al personal docente. Es necesario señalar que en la enseñanza de la ingeniería en México, el uso de herramientas tecnológicas como las aulas virtuales, las bibliotecas digitales o las conferencias virtuales no son nuevas, pues desde hace años han sido usadas en la educación abierta y en la educación a distancia, sin embargo, su implementación en la educación presencial era poco conocida y también poco empleada a nivel licenciatura. El uso de estas herramientas de manera intensiva implica grandes retos, pues en primer lugar, se debe de tener capacitación para manejarlas adecuadamente; en segundo lugar las estrategias pedagógicas se deben de modificar; en tercer lugar, se debe tener los equipos de cómputo y de comunicación adecuados; en cuarto lugar, se debe tener la disposición para enseñar y aprender utilizando nuevas formas y metodologías de la enseñanza; en quinto lugar se debe tener un espacio físico adecuado en casa y en sexto lugar, debe haber interés y motivación. Sin tenerlo planeado, la contingencia obligó a que los estudiantes se encontraran súbitamente en sus casas, compartiendo con su familia, si es que los tienen, los dispositivos digitales y la red de internet para realizar sus actividades de aprendizaje de las diversas asignaturas inscritas, a través de clases en línea, tareas, conferencias virtuales, videos, etc. Las principales problemáticas a las que se enfrentan son las referentes a la salud, al espacio físico, las pedagógicas, las socioafectivas, las restricciones a las actividades deportivas al aire libre y las económicas. Los profesores por su parte dejaron el salón de clase tradicional, en el que han realizado sus actividades docentes por muchos años, para convertirse de manera obligada en usuarios de las herramientas tecnológicas que existen para interactuar a distancia entre académicos, autoridades y sus alumnos por mucho más tiempo de lo habitual, además de que tienen que atender y resolver las presiones personales del confinamiento y sus implicaciones económicas, de salud y afectivas. Para trabajar a distancia fue necesario transformar muchas cosas que en forma presencial dan buenos resultados, pero a distancia no, por lo que fue necesario diseñar actividades donde los estudiantes estuvieran activos

desde un punto de vista cognitivo solicitando que hagan y no solo que escuchen o vean. Debido a la emergencia sanitaria surgió la necesidad de la implementación masiva de prácticas pedagógicas de carácter emergente basadas en las TIC, que han permitido continuar con las labores sustanciales en la UNAM: la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.

SE02-10

DISEÑO Y DESARROLLO DE MATERIALES DIGITALES Y SECUENCIAS DIDÁCTICAS DENTRO DE UNA ESTRATEGIA INSTRUCCIONAL DE UN CURSO A DISTANCIA

Meléndez López Adriana Leticia¹, Negrón Mendoza Alicia², Quintanar Salinas Fernando Jesús³, Mejía Luna Isabel⁴, Cruz Castañeda Jorge Armando⁵, Rojas Rendón María José Patricia⁶, Valderrama Negrón Ninel⁷ y Espitia Valeria⁸

¹Instituto de Geología, UNAM
²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
³Biblioteca Histórica José Ma. Lafragua, BUAP
⁴Facultad de Ciencias, UNAM
⁵Instituto Oriente de Puebla A.C.
⁶Duke University
⁷Universidad Autónoma Metropolitana
 adrianaiml@geologia.unam.mx

La necesidad que surge de trasladar un curso presencial de cualquier área, y cualquier nivel académico, a la modalidad de educación a distancia, nos ha obligado a hacer uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC's). Una meta que se tiene en la asignatura de Química del nuevo plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra, y en general de cualquier curso en cualquier nivel educativo, es el diseño de estrategias instruccionales que permitan mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje a distancia de un curso teórico-práctico. Nuestro trabajo se enfoca en el desarrollo de materiales digitales y secuencias didácticas como parte de la estrategia instruccional para cursos a distancia, haciendo uso de las nuevas tecnologías y plataformas digitales. Los materiales desarrollados apoyan diversos aspectos fundamentales en el aprendizaje, como: a) el correcto uso de las TIC's, b) el trabajo en equipo, c) solución de problemas, d) capacidad de búsqueda de la información, e) Integración social, etc. Las estrategias diseñadas se probarán en grupos pilotos, tanto en la asignatura de Química en la Licenciatura en Ciencias de la Tierra, como en cursos en el área de Humanidades, en las asignaturas de Historia, a nivel medio superior, y de Historia del Arte, a nivel licenciatura. Los resultados podrán demostrarnos si las estrategias cumplen sus objetivos o deben ser modificadas para satisfacer las necesidades de un curso a distancia.

SE02-11

ANÁLISIS DEL USO DE PLATAFORMAS DIGITALES EN EL COLEGIO DE GEOFÍSICA DE LA BUAP DURANTE EL PERIODO PRIMAVERA 2020: ALTERNATIVAS DE DESARROLLO ACADÉMICO DURANTE LA CONTINGENCIA SANITARIA

González Guevara José Luis, González Hernández Julio César, Martínez Mirón Yleana Claudia, Agustín Muñoz Rogelio, Martínez Castillo Brian Fernando y Mejía Pérez José Alfredo
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
 jose.gogu@gmail.com

El periodo denominado primavera 2020 sufrió durante el proceso dos afectaciones significativas a saber: en los meses de febrero y marzo, un paro estudiantil en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y algunas otras universidades, convocado para establecer demandas de seguridad pública y equidad e igualdad de género; de igual manera, de los meses marzo a junio, el paro de actividades decretado por la Secretaría de Educación Pública debido a la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2. En ese sentido las diferentes academias se vieron en la necesidad de utilizar, de manera ciertamente obligada, las Tecnologías de la Información y la Comunicación. En el Colegio de Geofísica de la BUAP algunos maestros utilizan de manera permanente las plataformas digitales como estrategia de desarrollo en el proceso de enseñanza - aprendizaje, sobre todo desde el año 2018 como una política propuesta por la coordinación. Sin embargo, algunos maestros prefieren la formación más tradicional, prácticamente todo el curso. Ante este paradigma y circunstancia, la academia, compuesta por trece profesores, se vio en la necesidad de utilizar diferentes alternativas tecnológicas, con formas de utilización diversas, incluyendo las formas de evaluación. Por otra parte, está el punto de vista de los estudiantes, el cuál es siempre muy relevante e interesante, más cuando de tecnología se trata. En ese sentido, los alumnos señalan que no siempre es fácil acceder a redes y/o plataformas digitales por diversas circunstancias, entre las que destacan: zonas en donde no hay señal, o es muy deficiente; no hay equipo, o éste es muy obsoleto; mal manejo de los medios por parte de los profesores, o nulo en algunos casos, con indicaciones poco precisas, entre otros factores. En esta oportunidad, compartimos el análisis de las plataformas y medios utilizados, así como los resultados a priori obtenidos, con el fin de establecer mejores puentes de comunicación con el sector estudiantil y reforzar el proceso de enseñanza-aprendizaje ante ésta u otras contingencias o eventualidades; de igual forma, también de estandarizar estos procesos con miras a la acreditación del colegio ante los organismos correspondientes (CAECI, CIEES, entre otros).

SE02-12

LA GAMIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA MOTIVACIONAL EN CURSOS A DISTANCIA

Cruz Castañeda Jorge Armando¹, Meléndez López Adriana Leticia², Negrón Mendoza Alicia³, Quintanar Salinas Fernando Jesús⁴, Mejía Luna Isabel⁵, Rojas Rendón María José Patricia⁶, Valderrama Negrón Ninel⁷ y Espitia Valeria⁸

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
³Biblioteca Histórica José Ma. Lafragua, BUAP
⁴Facultad de Ciencias, UNAM
⁵Instituto Oriente de Puebla A.C.
⁶Duke University
⁷Universidad Autónoma Metropolitana
 jorge.cruz@nucleares.unam.mx

El acceso, difusión y democratización de la educación ya presentaban una problemática y retos antes de la pandemia Covid-19, los cuales se profundizaron ante la situación actual. Esto ha llevado a realizar cambios en las formas de comunicación, integración y reestructuración pedagógica que muchas veces se tenían en las aulas presenciales para lograr apoyar el conocimiento de algún curso formal. La propuesta de gamificación como una herramienta pedagógica tiene como función permitir la accesibilidad digital, interacción y socialización en la cual el individuo elabora sus constructos a partir de la cercanía y el apoyo con los que socializa de acuerdo a la teoría constructivista de Vigostky. Los problemas patentes para el próximo ciclo 2021-1, son la brecha digital, la socialización y la integración de equipos, entre los estudiantes y maestros, especialmente en aquellas materias en las que se utiliza el laboratorio. Para hacer frente a esta problemática, se propone un ejercicio por gamificación, a través del tema "Medidas de seguridad en el laboratorio de química", como parte del recurso educativo en la práctica de conocimiento de un laboratorio y los posibles peligros presentes en el caso de una actividad experimental. Esta actividad será realizada con un programa para reproducir espacios virtuales, un programa para realizar videos y una plataforma de "juego de misiones". El desarrollo del juego, a partir del trabajo en equipo y preguntas dirigidas que impliquen el conocimiento de medidas, materiales y aspectos sociales, ayudará a integrar al grupo y a establecer una relación entre los nuevos compañeros generando cambios sobre la forma de conocerse y colaborar.

SE02-13

CURSO "ANÁLISIS DE SISMOGRAMAS" DEL SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL; MODALIDAD A DISTANCIA

González Ávila Daniel, Cárdenas Monroy Caridad, Espíndola Castro Víctor Hugo, Bello Segura Delia Iresine, González López Adriana, Martínez Jiménez Luis Daniel, Montoya Quintanar Edgar, Ramírez Ruiz J. Elihu, Félix Maldonado Rafael, Vite Sánchez Reynaldo, Cruz Cervantes José Luis, Mendoza Carvajal Antonio de Jesús, Pérez Santana Jesús Antonio, Navarro Estrada Fernando y Rodríguez Rasilla Iván
 Servicio Sismológico Nacional
 danielg@sismologico.unam.mx

Como parte de su programa de educación en Sismología, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) contempla, desde hace ya varios años, la impartición de cursos semestrales de "Análisis de Sismogramas", nivel básico y nivel avanzado. Estos cursos han sido fundamentales para la capacitación de nuevos becarios analistas de sismogramas que participan en la tarea diaria de calcular los parámetros epicentrales de los sismos que diariamente se presentan en territorio nacional. Los cursos de capacitación se imparten normalmente en los periodos intersemestrales de manera presencial en el edificio del SSN, en Ciudad Universitaria. De esta manera, los candidatos a becarios tienen la oportunidad de conocer y experimentar la labor diaria del SSN en las propias instalaciones donde se lleva a cabo el monitoreo sísmico. Todos los participantes del curso, aunque no contemplen la posibilidad de unirse al equipo de becarios, pueden conocer y observar de manera directa el lugar en donde se realiza el análisis de los datos sísmicos. Dada la actual pandemia de Covid-19, el campus de Ciudad Universitaria de la UNAM cerró sus actividades presenciales. Si bien el Servicio Sismológico Nacional continúa, hoy y siempre, su labor; el personal en sitio se redujo al mínimo indispensable y la mayoría de sus técnicos han continuado trabajando desde casa. Por esta razón, el curso de Análisis de Sismogramas se reestructuró de manera que fuera posible impartirlo a distancia. Las actuales tecnologías presentan la posibilidad de crear nuevos espacios sociales de tipo virtual mediante las redes modernas de comunicaciones, y son accesibles desde computadoras de escritorio, computadoras portátiles, teléfonos inteligentes y tabletas. En ese sentido, en el Servicio Sismológico Nacional comenzamos a incursionar en la labor educativa con clases a distancia y videos cortos vía "Zoom". El sismo del día 23 de junio, magnitud 7.4, ocurrió justo en el momento de una clase en línea y la experiencia para los participantes resultó ser muy interesante e ilustrativa del funcionamiento del SSN en el momento de la ocurrencia de un sismo importante. La experiencia ha sido muy positiva y enriquecedora. Ha presentado una oportunidad para estudiantes de otras regiones del país que en otras circunstancias difícilmente podían tomar este tipo de cursos. Esperamos, que en años próximos, además del curso presencial se pueda continuar con cursos a distancia de este tipo.

SE02-14

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UN CANAL DE OLEAJE VIRTUAL DISEÑADO PARA LA DOCENCIA

Torres-Freyermuth Alec, Medellín Gabriela y Martín Gonzalo
Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
atorrest@ii.unam.mx

La mecánica del oleaje es un tema importante en los programas de ingeniería civil debido a su importancia para el diseño de estructuras y el estudio la morfodinámica de playas. Para su estudio, se han desarrollado diferentes teorías de ondas, siendo la teoría de pequeña amplitud o teoría lineal ampliamente utilizada a pesar de su sencillez. Las prácticas de laboratorio en el curso de oleaje, ofertados en programas de licenciatura y posgrado, permiten brindar a los estudiantes experiencia para el diseño de experimentos y análisis de datos. Adicionalmente, las mediciones en el laboratorio permiten evaluar la validez y limitaciones de las soluciones analíticas. Sin embargo, el uso de laboratorios para la docencia se ha visto interrumpido a nivel mundial debido a la pandemia y su uso no está recomendado en el corto plazo. Por otro lado, a lo largo de la última década el desarrollo de la tecnología y modelos de dinámica de fluidos computacional han permitido el desarrollo de laboratorios virtuales para ciencias, tecnología, e ingeniería. En este trabajo se utiliza un modelo numérico basado en las ecuaciones de Navier-Stokes con el promediado de Reynolds para el desarrollo de una canal de oleaje virtual para la docencia. El laboratorio está compuesto de tres componentes principales. La componente de educación consiste de diferentes prácticas de laboratorio incluyendo la teoría y las instrucciones para realizar los ensayos con el canal de oleaje virtual. Por otro lado, cada práctica tiene asociada varias simulaciones numéricas pre-ejecutadas para ser utilizadas en el canal virtual. Se desarrolló una interfaz gráfica que permite seleccionar la práctica, el ensayo, y colocar los sensores virtuales en el canal. Los experimentos y las mediciones pueden visualizarse en tiempo real para ser exportados como archivos de texto para su análisis. Esta aplicación será utilizada en el programa de maestría en ingeniería civil de la sede Sisal durante el semestre de otoño del 2020. Agradecemos el apoyo financiero por parte de los programas Investigación Científica Básica-CONACYT (284819 y 284430) y PAPIIT DGAPA-UNAM (IN101218).

SE02-15

SERVICIO DE PRODUCCIÓN DE VIDEOS PARA PROFESORES DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Pilatowsky Gruner Raiza y Bastien Olvera Bernardo Adolfo
University of California, Davis, UCD
rpilatowsky@ucdavis.edu

Planeteando es una plataforma de comunicación de geociencias, medio ambiente y sociedad con una trayectoria de 3 años de experiencia en creación de videos, blogs y podcasts. Con el objetivo de promover la divulgación de estos temas en español, se realizó un sondeo en búsqueda de investigadores en el área de geociencias y sociedad interesados en creación de contenidos que comunicaran su trabajo dentro de la academia. Sin embargo, los resultados de los sondeos nos indicaron una necesidad muy diferente: con las condiciones impuestas de la pandemia, la mayoría ha encontrado dificultades trasladando sus clases a una modalidad en línea. Fue así como surgió Estudios Planeteando, una productora dedicada a la creación de videos especializados en enseñanza de las geociencias, cuyos videos están hechos a la medida de las necesidades del curso impartido por cada profesor. En esta presentación, mostraremos los resultados y las lecciones aprendidas durante este proceso, así como pasos a seguir en el futuro.

SE02-16 CARTEL

USO DE CATÁLOGOS DIGITALES PARA EL TRABAJO DESCRIPTIVO EN ÁREAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Alatorre García Alfonso y Mejía Luna Isabel
Facultad de Ciencias, UNAM
ragnar03@ciencias.unam.mx

Uno de los recursos formativos para todo aquel interesado en áreas de Ciencias de la Tierra es el contacto directo con muestras de mano ante un primer acercamiento al conocimiento de la composición geológica del planeta Tierra. En los cursos de geología general y mineralogía, basados en la identificación de minerales y rocas suele en ocasiones verse muy limitado ante la cantidad de ejemplares disponibles por alumno durante una explicación en clase. Con el fin de generar un recurso de calidad y apoyo visual a los estudiantes de la Licenciatura de Ciencias de la Tierra y áreas afines, se elaboró un catálogo digital de la colección de minerales disponible para docencia en el Taller multifuncional II que incluyó una ficha técnica descriptiva. El acervo digital comprende un producto descargable para equipos móviles que da oportunidad de ampliar las imágenes sin que pierdan resolución, además incluye un buscador interno que facilita la localización de las muestras de interés. El material presentado a los estudiantes les motivó a su uso, debido a la factibilidad que presentó por su diseño amigable al considerar una oportunidad de revisar características en momentos fuera del aula. Actualmente el producto se encuentra disponible en la plataforma de la Facultad de Ciencias (<https://tienda.ciencias.unam.mx/es/166-ciencias-de-la-tierra-gratis>) sin costo para todo aquel interesado, resultando una ventaja adicional en estos momentos del

cambio de acceso a los materiales de mano y observaciones directas para su conocimiento e identificación. Palabras clave: catálogo, minerales, recursos digitales.

SE02-17 CARTEL

MARATÓN EN LÍNEA PARA ESTUDIANTES DE CIENCIAS DE LA TIERRA ORGANIZADO POR LA UGM

Solano Ericka Alinne¹, Mojarro José², Magar Vanesa² y Rodríguez Cardozo Félix³
¹Universidad del Mar campus Puerto Ángel
²CICESE
³PCT, UNAM
alierika@gmail.com

Por más de 10 años, la UGM ha realizado concursos de conocimientos in situ durante su reunión anual para estudiantes de licenciatura. Ahora en el año 2020, en ocasión de su LX aniversario, propusimos un concurso en línea para tener una competencia mensual para todos los estudiantes de Ciencias de la Tierra, tanto de nivel licenciatura como de posgrado. Los concursos se juegan por parejas de la misma institución que cuenten con membresía de la UGM. Por vez primera, se usa una plataforma digital en el concurso para la presentación de preguntas y selección de respuestas llamada Kahoot!. Se transmite en vivo en el Facebook de la UGM a través de la plataforma de videoconferencias BlueJeans donde los concursantes de distintas instituciones a nivel nacional, ingresan y siguen el concurso. BlueJeans se usa como alternativa por dos razones: una, para evitar el desfase del broadcast que tiene Facebook y no se consume el tiempo de respuesta; dos, que los participantes no necesitan tener cuenta en Facebook. La plataforma Kahoot! al ser gráfica y de fácil uso, ha resultado muy atractiva y dinámica tanto para participantes como espectadores, además de que se van contabilizando de manera automática los puntos y tiempos de respuesta de cada concursante. Al ser una plataforma digital, enfrenta los mismos problemas de la velocidad de conexión o interrupción de suministro de energía, sin embargo, resulta una buena alternativa para concursos a distancia donde tuvimos la participación de siete instituciones de distintos Estados de la República Mexicana.

Sesión especial

**AVANCES RECIENTES EN
MODELACIÓN NUMÉRICA,
EXPERIMENTAL O ESTADÍSTICA
PARA ENERGÍA EÓLICA Y
ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS**

Organizadores:

Markus Gross

Vanesa Magar

Oswaldo Rodríguez Hernández

Alfredo Peña

SE03-1

MODELADO DEL RECURSO EÓLICO BASADO EN CLUSTERING EN UNA ZONA RURAL DE MÉXICO

Hernández-Escobedo Quetzalcoatl Cruz¹ y Dorrego-Portela José Rafael²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, UNAM

²Universidad del Istmo campus Tehuantepec
qhernandez@unam.mx

En este trabajo se realiza un modelado del recurso eólico en la zona rural de Bernal en el estado de Querétaro, con datos de un año cada 10 minutos de rapidez y dirección de viento, temperatura y presión atmosférica. El sitio se seleccionó cerca de una subestación eléctrica para evitar pérdidas en la transmisión y reducir costos. Se utilizó el algoritmo k-means para realizar el agrupamiento del recurso en horas, semanas, meses, estaciones del año y finalmente presentar un periodo promedio anual de la generación eléctrica obtenida. Los resultados obtenidos muestran un recurso eólico promedio de 204 W/m², se comparó con la generación de energía eléctrica de la región y se mostró que la máxima generación de energía eléctrica es de 17:00 - 21:00 h.

SE03-2

ATLAS EÓLICO PARA LA REPÚBLICA MEXICANA

Magaña Víctor¹, Vázquez Gustavo¹, Saldaña Ricardo², Miranda Ubaldo² y Lira Ramón²

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

²Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL
victormr@unam.mx

El uso de modelos numéricos como el WRF (Weather Research and Forecasting Model) ha permitido estimar las condiciones meteorológicas en áreas y sitios en donde difícilmente se puede medir, no solo cerca de superficie, sino también en altura. Hacer una modelación climática se puede hacer corrigiendo las condiciones iniciales de datos de reanálisis usando datos observados de superficie o de altura. Para el caso del Proyecto Atlas Eólico Mexicano se han estimado las condiciones de viento de 2010 a 2019 para la República Mexicana a una resolución de 5 Km en la horizontal de forma horaria e interpolando en la vertical a 10, 50, 80, 100 y 200 metros de altura obteniendo campos de viento, así como de humedad relativa, temperatura, presión y densidad del aire para calcular la densidad de energía eólica. Se trabaja considerando la longitud de las aspas y la eficiencia energética para cada sitio, realizando cálculos para desarrollos futuros de parques eólicos. El uso de un sistema de despliegue, conectando la base de datos, será útil para analizar campos de las variables antes descritas, histogramas de viento y gráficas como función del tiempo.

SE03-3

ESTUDIOS ANEMOMÉTRICOS DENTRO DEL PROYECTO ATLAS EÓLICO MEXICANO (AEM)

Saldaña Ricardo, Miranda Ubaldo, Pérez Gerardo, Lira Ramón y Morales María Flor

Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL
rsf@ineel.mx

El proyecto Atlas Eólico Mexicano (AEM) es coordinado por la Gerencia de Energías Renovables del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (GER-INEEL) y en él participan, la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil y Ciencias de la Tierra de la Comisión Federal de Electricidad (GEIC-CFE), el Instituto de Geografía de la UNAM (IG-UNAM) y la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU), fungiendo ésta última institución como apoyo científico del proyecto. Este proyecto es cofinanciado por el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) y el Gobierno Danés. El objetivo del proyecto es elaborar un atlas eólico nacional y desarrollar capacidades que contribuyan a la planeación de la explotación del recurso eólico en México, con miras a la generación eléctrica en pequeña, mediana y gran escala. Como parte de este proyecto se han instalado 10 torres anemométricas de 80 m de altura, con mediciones a 20, 40, 60 y 80 m, ubicadas en 10 sitios en los siguientes estados: Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. La instalación de las torres anemométricas y su operación está a cargo de la GEIC-CFE. La selección de los sitios de medición fue realizada con base a la identificación de áreas del territorio nacional con buen potencial energético del viento, distribuidas a lo largo del territorio nacional. Dichas áreas fueron identificadas tomando en consideración los resultados de la modelación del viento durante un periodo de 10 años realizada por la DTU para todo el territorio nacional. Actualmente se cuenta con una base de datos de viento y otros parámetros como temperatura, humedad, presión y radiación solar de 30 meses para 7 sitios y 10 meses para los otros 3 lugares. Esta información es manejada a través de un sistema denominado RODEO, el cual es de acceso público y puede ser consultado en línea. Este sistema fue desarrollado por la DTU y es operado para este proyecto por la GER-INEEL. En el presente trabajo se describen los resultados generales del análisis de la información medida.

SE03-4

FENÓMENOS METEOROLÓGICOS Y SU INFLUENCIA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE POTENCIA EN UNA GRANJA EÓLICA PARA LA REGIÓN DE ARRIAGA, CHIAPAS

Canché Cab Linda Guadalupe y Rodríguez Hernández Osvaldo

Instituto de Energías Renovables, UNAM
liguca@ier.unam.mx

En este trabajo, se identifican los eventos meteorológicos que contribuyeron en los altos factores de planta en Arriaga, Chiapas durante el 2016. Se estudiaron y se cuantificaron los eventos de rampa, caracterizados por cambios repentinos en la producción de energía. En el análisis se utilizaron datos obtenidos de la observación del viento y de la energía real generada en una turbina eólica de 2MW instalada en el sitio de estudio y datos obtenidos del modelo de reanálisis MERRA-2 (Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications-2) de la NASA. Los eventos rampa se identificaron utilizando diferentes resoluciones de tiempo a partir del factor de planta. Las condiciones meteorológicas para las fechas seleccionadas como representativas en cuestión de viento se analizaron a partir de mapas de anomalías modeladas por MERRA-2. Con estas se identificaron las causas sinópticas responsables de la intensificación de los vientos en los casos seleccionados, encontrándose que los vientos extremos (por encima del noveno decil) están asociados a oleadas frías o "nortes", fenómenos que pueden detectarse hasta 48 horas antes de que ingresen al punto de estudio. Con los resultados obtenidos se lograría distinguir las temporadas en las cuales la energía generada por el viento aumenta, así como las condiciones de tiempo que las causan y con esta información, se podría llevar a cabo una planificación más viable de la operación de los aerogeneradores lo que conllevaría a prevenir fallas, reducir pérdidas y alargar el tiempo de vida de estos.

SE03-5

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL MODELO WRF PARA CARACTERIZAR EL VIENTO EN 7 REGIONES DE MÉXICO

Lira Ramón, Miranda Ubaldo y Saldaña Ricardo

Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL
ramon.lira@ineel.mx

El presente trabajo forma parte del proyecto Multi-scale and model chain Evaluation of Wind Atlases (MEWA) y describe el procedimiento de evaluación del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para simular el campo de viento debajo de la capa límite atmosférica en 7 regiones de la república mexicana. Para este trabajo se simuló el año 2018 utilizando la versión 3.8 de WRF, se adaptó la configuración del modelo WRF utilizada por la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU) para crear el Nuevo Mapa de Viento Europeo (Dörenkämper et al., 2020). Por las diferencias geofísicas entre Europa y México se consideraron algunos cambios en la configuración, como el utilizar la base de datos de uso de suelo ESA CCI en lugar de CORINE y se reubicaron los 61 niveles verticales a una altura adecuada para la orografía de México. En la configuración se establecieron 15 dominios. El dominio principal, que abarca toda la república mexicana, tiene una resolución de 9 km, 7 anidados de 3 km y 7 sub-anidados de 1 km de resolución. Los 7 dominios sub anidados están centrados en siete ubicaciones donde el proyecto Atlas Eólico Mexicano (AEM) tiene mástiles meteorológicos con datos de buena calidad; las mallas más pequeñas tienen un área de 120 km² alrededor de cada torre. Los datos usados como condiciones iniciales provienen de la base de datos ERA5 del ECMWF. Estos datos tienen una resolución temporal de una hora y una resolución espacial de 32 km, aproximadamente. Las salidas del modelo se interpolaron a 50 m, 80 m, 100 m y 200 m, y se utilizaron las de 80 m para compararlas con las mediciones de las torres del AEM, que miden el viento a esa altura.

SE03-6

SOBRE LA CIERTA INCERTIDUMBRE EN MODELOS DEL VIENTO EN ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA

Gross Markus¹, Magar Vanesa¹, Cruz Rico Jorge Eduardo¹ y Soria Andrés²

¹CICESE

²Universidad Autónoma de Nuevo León
mgross@cicese.mx

En estudios previos se mostró que hay una demanda por series de tiempo largas de la rapidez del viento, para la caracterización de recursos de energía eólica como fuente de energía renovable. Sin embargo, es poco frecuente contar con series de tiempo a partir de anemómetros u otros instrumentos de medición de alta calidad, y es aún menos frecuente que sean series de largo tiempo. Una alternativa para resolver este problema, es usar modelos para obtener estas series de tiempo, antes de iniciar campañas de medición. Para mejorar estos modelos, hay mucho interés en obtener datos de entrada para modelos numéricos de simulación de campos de viento con la mejor calidad posible, tanto en términos de resolución espacio-temporal, como en realismo. En datos de rugosidad del suelo, una reducción de la información sobre uso de suelo a un número reducido de clases de suelo, por ejemplo, va a tener un impacto en la predicción. En el caso de la orografía, en

contraste, es sencillo conseguir datos de alta resolución y precisión. Sin embargo, hay un problema parecido al problema con la rugosidad. Un modelo de viento de mesoescala tiene una resolución espacial relativamente baja, de 500m o 1km. Por eso resulta mucha incertidumbre sobre la representación de la topografía real. En este trabajo se ilustran posibles efectos de la resolución y la fuente de datos de rugosidad en las predicciones del campo de viento, determinadas a partir de un modelo numérico del tiempo. Se incluyen comparaciones de los resultados del modelo con observaciones de torres anemométricas.

SE03-7

EVALUACIÓN DE ESQUEMAS DE PBL Y LARGE-EDDY SIMULATIONS CON MEDICIONES DE UN MÁSTIL DE 250 M

Peña Alfredo y Hahmann Andrea N.

Wind Energy Department, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark
aldi@dtu.dk

Evaluamos el comportamiento de seis parametrizaciones de capa límite atmosférica (PBL) y de una large-eddy simulation (LES) para la caracterización de la PBL neutra a través de simulaciones idealizadas usando el Weather Research and Forecasting model. La evaluación se hace comparando las simulaciones con mediciones de anemómetros sónicos montados sobre una torre de 250 m. Todas las simulaciones muestran un comportamiento similar para el perfil vertical temperatura excepto una que usa una parametrización no-local, la cual es conocida por producir difusión vertical excesiva. La mayoría de las simulaciones que usan parametrizaciones de la PBL y desarrolladas para simular la atmósfera nocturna, muestran las desviaciones más grandes con respecto a las mediciones de velocidad de viento. Dentro de la capa superficial, la LES muestra un corte de viento excesivo. Dos de las parametrizaciones de PBL que usan su propia esquema de capa superficial muestran una menor rugosidad superficial efectiva. Comparando el perfil vertical del coeficiente de intercambio de momentum encontramos una buena concordancia entre un esquema local y uno no local dentro del núcleo de la PBL. La comparación de la energía cinética turbulenta muestra un buen ajuste entre la LES y una simulación que usa un esquema local de PBL, sobreestimación por parte de la LES de la turbulencia observada y subestimación general de las parametrizaciones de PBL.

SE03-8

INFLUENCIA DE LA RESOLUCIÓN NUMÉRICA EN LA EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO EN CHIAPAS, MÉXICO

Hernández Yepes José Gustavo¹, Rodríguez Hernández Osvaldo¹, Magaldi Hermosillo Adolfo Vicente¹, Martínez Alvarado Oscar² y Drew Daniel²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Universidad de Reading
heyj@ier.unam.mx

Una forma de conocer la dinámica del viento es a través de modelos numéricos de predicción meteorológica. Estos modelos permiten la obtención de datos de forma rápida y en regiones amplias, pero pueden llegar a tener desviaciones de la realidad dependiendo de su resolución espacial y temporal. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la idoneidad del modelo a mesoescala WRF y del reanálisis MERRA-2 para determinar las características de la velocidad del viento y su conveniencia para reproducir la producción de energía de una turbina de 2 MW en Arriaga, Chiapas, México. Utilizando mediciones de la velocidad del viento y de la producción de potencia de un año, analizamos las características del viento y del factor de planta a diferentes escalas espacio-temporales variando la resolución horizontal de las simulaciones (equivalente a una malla de 50 km para MERRA-2 y 1, 3, 15, 75 km para WRF) y la resolución temporal (una hora y tres horas). Los modelos numéricos muestran altos coeficientes de correlación para la velocidad del viento corregida por sesgo: cerca de 0.91 para WRF y 0.88 para MERRA-2. Además, utilizamos la velocidad del viento simulada y un ajuste de la curva de potencia para reproducir el factor de planta de la turbina eólica con un error del 5.5% (MERRA-2) y del 4.6% (WRF-1km). Finalmente, como parte de este estudio, realizamos un análisis de frecuencia de la velocidad del viento y del factor de planta. Es evidente que cuanto menor sea el espaciado de las mallas, mayor será la varianza presente en las altas frecuencias (para periodicidades iguales a 24 horas o mayores). Por lo tanto, para reproducir los ciclos sinópticos o más largos, las mallas de baja resolución espacial (WRF-75km y MERRA-2) son útiles, pero para reproducir ciclos más pequeños (diurno o menores), las cuadrículas de alta resolución (WRF - 1 y 3 km) son las óptimas.

SE03-9

CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO REGIONAL Y LOCAL CERCA DE SUPERFICIE EN MÉXICO Y AMÉRICA CENTRAL Y SUS CAMBIOS EN EL FUTURO CERCA

García Santiago Oscar Manuel¹, Cavazos Tereza¹,
Hahmann Andrea N.² y Torrez Alavez José Abraham³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada²Technical University of Denmark, DTU³International Centre for Theoretical Physics, ICTP
omgarcia@cicese.edu.mx

En este trabajo investigamos las características del viento y el posible efecto del cambio climático en la circulación de mesoescala cerca de superficie (< 100 m) en México y en siete torres eólicas. Utilizando vientos promedios trihorarios de las torres durante 2018, evaluamos tres reanálisis (ERA5, MERRA2 y NARR) y las últimas simulaciones del modelo RegCM4 (versión 7.1 forzada con ERA-Interim) a una resolución espacial de 25 km. Se seleccionaron tres torres cerca de principales parques eólicos para explicar sus ciclos diurnos y anuales y sus distribuciones locales del viento. Además, se compararon las climatologías del viento en México y América Central para una evaluación histórica durante 1981-2010. Para complementar el análisis histórico, los mapas autoorganizados (SOM) se aplicaron para identificar los patrones de viento más frecuentes en México utilizando RegCM4. La configuración óptima de los SOM se utilizó como referencia para mapear las proyecciones del viento del futuro cercano (2021-2050) de RegCM4 forzadas por tres modelos climáticos globales del CMIP5 (HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M y MPI-ESM- MR) bajo el escenario de altas emisiones (RCP8.5). La evaluación de 2018 muestra que RegCM4 reproduce mejor que los reanálisis las características mensuales. La intercomparación de las climatologías históricas indica que RegCM4 sobreestima la intensidad del viento en relación con los reanálisis, especialmente en terrenos complejos. Sin embargo, los reanálisis subestimaron significativamente la intensidad en la evaluación de 2018, lo que sugiere que RegCM4 puede ser más confiable para simular las climatologías históricas. Los SOM revelan que los patrones de vientos más intensos, cercanos a superficie en México, ocurren cerca de tres grandes parques eólicos (Oaxaca, Tamaulipas y Baja California), consistente con las observaciones de 2018. Las proyecciones del ensamble promedio de RegCM4 sugieren que no habrá cambios significativos en la circulación regional y en la intensidad de los vientos a 100 m de altura en el futuro cercano.

SE03-10

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DEL ACOPLAMIENTO MESO-MICROESCALA MEDIANTE EL MODELO WRF Y WASP PARA TERRENO CON UNA TOPOGRAFÍA COMPLEJA

Quiróga Novoa Pedro Fernando, Cuevas Figueroa Gabriel y Probst Oleszewski Oliver Matthias
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ITESM
a00828176@itesm.mx

México cuenta con una diversa caracterización topográfica, regularmente las zonas con alto potencial eólico presentan una topografía compleja. El modelo Weather Research and Forecasting (WRF por sus siglas en inglés) es ampliamente utilizado para modelar las características del tiempo meteorológico para resoluciones de meso escala, que son aquellas que comprenden dominios del orden de kilómetros hasta centenas de kilómetros. Este trabajo evalúa la precisión del acoplamiento de torres virtuales obtenidas mediante simulaciones del modelo WRF con tres mallas anidadas y resoluciones de 27 km, 9 km y 3 km, para dos zonas con topografía compleja. Se modeló un total de 52 semanas consecutivas para cada una de las dos zonas; posteriormente se extrajeron los valores de la velocidad para alturas de 40 m, 60 m y 80 m en la ubicación de cada una de las 11 estaciones meteorológicas disponibles en total. Así mismo, se evaluó estadísticamente la precisión de estas torres virtuales obtenidas mediante el modelo WRF, al compararse con los datos registrados por estas estaciones por los periodos correspondientes. Posteriormente se implementaron los datos de la distribución estadística de las velocidades del viento (rosa del viento) para cada una de las torres en el modelo linealizado Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP por sus siglas en inglés), para llevar a cabo un análisis de predicción cruzada. Este análisis consiste en introducir la información de una estación meteorológica, y a partir de ella, predecir los valores de las estaciones colindantes. De esta manera se llevó a cabo una simulación para cada una de las estaciones, obteniendo los valores del resto de las estaciones. La rosa del viento obtenida a partir de esta predicción cruzada se comparó con los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas. Los resultados muestran una fuerte correlación de precisión con las torres cercanas entre sí, así mismo, con torres que se ubican en puntos con una topografía menos accidentada.

SE03-11

PREDICCIÓN DEL RECURSO EÓLICO MEDIANTE UN MODELO DE CFD ACOPLADO A MODELO MESOESCALA WRF EN ZONAS CON MESETAS

Cuevas Figueroa Gabriel, Quiroga Novoa Pedro Fernando y Probst Oleszewski Oliver Matthias
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ITESM
 gabriel.cuevas@tec.mx

Hoy en día, los avances en el modelado de la atmósfera con herramientas de dinámica de fluidos computacional (CFD por sus siglas en inglés), permite incluir la descripción de fenómenos y procesos a una escala espacial y temporal más fina, con la finalidad de obtener resultados con mayor precisión, sin embargo, esto no es posible para los modelos numéricos de mesoescala, tales como el modelo Weather Research and Forecasting (WRF por sus siglas en inglés). Para este estudio se realizaron simulaciones numéricas con el modelo WRF sobre dos zonas con mesetas a lo largo de 12 meses para cada una de las zonas. Los resultados obtenidos mediante el modelo WRF fueron el punto de partida para calcular las condiciones iniciales y de frontera impuestas en el modelo WindSim. Este modelo de CFD además de considerar los efectos meso-escala mediante la imputación de condiciones iniciales y de frontera, permite calcular los efectos que el terreno (elevación, rugosidad y obstáculos) ejerce sobre los campos de viento, e incorporar mediciones reales del sitio para mejorar la caracterización de la distribución estadística del viento, sobre cualquier punto de interés dentro del dominio de microescala. De igual manera se puede calcular el recurso eólico y la generación de energía eólica para la ubicación, altura y modelo dados de cualquier turbina eólica. Se calculó el error porcentual medio (MAE, por sus siglas en inglés) entre la velocidad media predicha por el modelo y los valores medidos por las estaciones meteorológicas. Se observó que estos resultados presentan una mejor precisión que los obtenidos mediante el acoplamiento del modelo WRF con un modelo linealizado, ya que el modelo CFD contempla una mejor descripción de los fenómenos de turbulencia y las interacciones de la superficie con la atmósfera, además de que se obtienen mejores resultados para aquellas estaciones meteorológicas ubicadas más cercanas al centro del dominio, al igual que las estaciones cuya topografía colindante se encuentra más suavizada.

SE03-12

GENERACIÓN TEÓRICO-TÉCNICA DE ENERGÍA POR CORRIENTES DE MAREA Y CORRIENTES INDUCIDAS POR EL VIENTO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Magar Vanesa¹, Godínez Víctor M.¹, López-Mariscal Manuel¹, Zamudio Luis², Gross Markus², Bermúdez Romero Anahí¹ y Candela Pérez Julio¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies, Florida State University, Tallahassee, FL, USA
 vmagar@cicese.mx

Se analiza el promedio de corrientes máximas en mareas vivas, la producción anual estimada (AEP – usamos siempre siglas en inglés), y la media anual de la densidad de potencia de mareas (TPD) sobre series de tiempo horarias obtenidas a partir del modelo hidrodinámico HYCOM versión 06.1, un modelo baroclínico en tres dimensiones con una resolución horizontal de 1/12.5° y 41 capas sigma en la vertical, sin asimilación de datos, con forzamiento de mareas y viento NAVGEM1.1. El modelo se utiliza para analizar las contribuciones de las mareas y del viento en la generación teórico-técnica de energía por estos dos forzamientos. Al separar y analizar la marea barotrópica, se encuentran dos zonas en el Golfo de California, una en las Grandes Islas y otra en el Alto Golfo de California, donde la rapidez media del flujo en mareas vivas es del orden de 1.1 m/s. En estas zonas se podrían instalar dispositivos de conversión de energía por corrientes de marea de segunda a tercera generación. El valor máximo del TPD medio cuando se excluyen valores por debajo de 50 Watts por metro cuadrado, correspondiente a uno de los límites técnicos actuales, es de 172.8 W/m² y se encuentra cerca del puerto de San Felipe, donde se produce energía el 39% del tiempo. Se discutirán en la plática otros lugares en el Alto Golfo de California o en la Región de las Grandes Islas de posible interés por su producción de energía por corrientes de marea. Por su parte, las corrientes generadas por el viento son muy pequeñas en términos energéticos en comparación con las corrientes inducidas por las mareas. Por lo tanto, el dispositivo, la red eléctrica, y cualquier planeación de almacenamiento de energía, debe considerar las fluctuaciones de las mareas, para optimizar la explotación energética por esta fuente.

SE03-13

CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA POR CORRIENTES DE MAREA EN AMBIENTES MACROMAREALES CON SEDIMENTOS NO-COHESIVOS: CASOS DE ESTUDIO EN BAHÍA ADAÍR Y BAHÍA SAN JORGE, ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Bermúdez Romero Anahí, Magar Vanesa, Gross Markus, López-Mariscal Manuel, Godínez Víctor M. y Rivera Erick
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
 anahi.berom@gmail.com

El Golfo de California (GC), un mar marginal localizado al noroeste de la costa de México, ha sido desde hace varias décadas de gran interés oceanográfico. En estudios anteriores se han analizado, por ejemplo, las características de las mareas y las corrientes residuales, la dinámica de ondas atrapadas a la costa, o la dinámica de remolinos, entre otros. Sin embargo, existen pocos estudios de caracterización de corrientes de marea como fuente de energía renovable, para que dicha caracterización sea de utilidad para desarrolladores y usuarios, se requiere la evaluación de diferentes parámetros, variables e indicadores relevantes en energía marina renovable como lo son la densidad de potencia de marea (TPD) y la producción anual de energía (AEP). En este trabajo, presentamos un estudio en la región de Bahía San Jorge y Bahía Adair, en el Noreste del GC, en el que se desarrollaron dos modelos hidrodinámicos y un modelo morfodinámico para evaluar el campo las velocidades de corrientes de marea, y cuantificar la sensibilidad de los indicadores de recursos energéticos ante la dinámica del fondo marino en sitios con potencial para el desarrollo de parques de turbinas marinas. La validación del modelo permitió descartar el modelo unidominio de resolución baja (6480 m), y comparar los dos modelos multidominio de alta resolución (240 m): el modelo GC_MD puramente hidrodinámico, y el modelo morfodinámico GC_MDmor con las mismas configuraciones hidrodinámicas que GC_MD, pero con fondo arenoso dinámico. Ambos modelos tienen una resolución variable que va de 6480m en la entrada del Golfo y zonas profundas, hasta 240m en Bahía Adair y Bahía San Jorge. Los resultados muestran que una pequeña variación en la profundidad en un sitio durante el año de estudio puede traducirse en cambios importantes en las velocidades de corriente en ese sitio, y por ende en las estimaciones locales de TPD y AEP. En la presentación se discutirán las posibles implicaciones de este resultado para la extracción de energía por corrientes de marea en estas dos bahías.

SE03-14

ANÁLISIS DE CAMPOS MEDIOS DE CORRIENTES Y DE NIVELES DE TURBULENCIA A PARTIR DE MEDICIONES IN-SITU EN BAHÍA TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, DURANTE MARZO Y ABRIL DE 2019

Arias Esquivel Víctor Alejandro, Bermúdez Romero Anahí, Magar Vanesa, Godínez Víctor M. y Gross Markus
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
 alexarias7114@gmail.com

La Bahía de Todos Santos es una bahía mesomareal en el Pacífico Nororiental Mexicano. Durante los meses de marzo y abril de 2019 se instaló en la Bahía un perfilador acústico de corrientes de cinco haces, programado para medir oleaje, corrientes, y niveles de turbulencia, con el objetivo de cuantificar los efectos de estos mecanismos de forzamiento sobre las corrientes, así como la generación de turbulencia a nivel local en esta bahía. Las señales de oleaje y de corrientes fueron separadas para obtener series de tiempo horarias para el oleaje y series de tiempo a intervalos de 10 minutos para las corrientes. Se realizó un análisis espectral de la señal del oleaje y una descomposición en componentes armónicos principales de marea a partir de la elevación del mar y de las corrientes. Las características generales de oleaje, como dirección, altura significativa, y periodo, fueron determinadas encontrando valores promedio de dirección 239 grados NW, de altura significativa 0.88 m y de periodo de oleaje 11.09 s. Los resultados del análisis armónico de la elevación de mar mostraron que la componente diurna K1 de amplitud 0.2454 m parece tener una contribución importante en esta región, además de identificar la relevancia de la componente diurna O1 de amplitud 0.2069 m y la relevancia de las componentes armónicas semidiurnas M2 y S2 de amplitudes 0.4822 m y 0.27 m, respectivamente. Asimismo, los resultados del análisis armónico de corrientes confirmaron la relevancia de la componente diurna K1 de amplitud 0.0479 m/s con una contribución importante en esta región. Un análisis armónico adicional con un forzamiento de aguas someras no solo reitera la importancia de K1, sino que nos ha permitido identificar otras componentes diurnas adicionales como P1, O1, OO1 con amplitudes 0.0159, 0.0168, y 0.0172 m/s, respectivamente, además de las predominantes componentes semidiurnas M2 y S2 de amplitudes 0.0306 y 0.0100 m/s determinadas en ambos análisis armónicos. Se identificaron también los componentes armónicos con comportamiento baroclínico y barotrópico para definir los armónicos con mayor influencia en la señal de marea. Por ejemplo, K1 muestra un incremento lineal en amplitud al incrementarse la distancia del lecho marino, y la componente SK3 tiene valores de amplitud bajos cerca del fondo seguido por un incremento lineal, manteniendo por último valores constantes a partir de los 6 m del fondo. Adicionalmente se observó el comportamiento de las componentes armónicas de aguas someras de alta frecuencia como M3, MK3, SK3,

M4, MS4, S4, y 2MS6 y de baja frecuencia como MSF. Se calculó el factor de forma (F) usando la elevación del mar y velocidades de corrientes, obteniendo valores que definen a la marea en esta región como mixta con predominancia semidiurna. Los datos instantáneos están actualmente siendo analizados para estudiar las características de la turbulencia, se presentarán algunos métodos y resultados preliminares durante la ponencia.

SE03-15

MODELLING THE EFFECTS OF THE INSTALLATION OF MARINE TURBINES IN THE COZUMEL CHANNEL

Maslo Aljaz¹ y Mariño Tapia Ismael²

¹UNAM - IINGEN

²CINVESTAV - Mérida

aljaz.maslo@gmail.com

Marine renewable energy represents a promising alternative source to meet the growing world demand for energy. The persistence in the strength and direction of Yucatan current suggests that flow driven turbines implemented in this current have a great potential for energy exploitation. A fully three-dimensional and high resolution (nested) numerical approach based on the Actuator Disk theory implemented into the Regional Ocean Modelling System (ROMS) was used to simulate the energy extraction by marine turbines in the Cozumel Channel. Different turbine arrays layouts were investigated, and their pre-installation and post-installation conditions compared to identify possible effects on oceanographic phenomena including mixing, and flow alteration that could impact several ecological processes.

Sesión especial

**ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
Y PROFESIONALES: REPORTES
DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS Y
PROFESIONALES, Y EXPERIENCIAS
DE INTERACCIÓN A DISTANCIA**

Organizadores:

Eloísa García Canseco
Mary Carmen Ruiz de la Torre
Jonas D. De Basabe Delgado
Vanessa Magar Brunner

SE04-1 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA EÓLICA EN LA RUMOROSA, BAJA CALIFORNIA, BASADA EN MEDICIONES DE TORRES ANEMOMÉTRICAS Y MODELOS NUMÉRICOS

Soria Andrés¹, Magar Vanesa², Gross Markus³ y Peña Alfredo³

¹Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Pedro de Alba S/N, Niños Héroes, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, CP 66455, N.L.

²CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas, CP. 22860 Ensenada, B.C., Mexico

³Department of Wind Energy, Technical University of Denmark, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde, Denmark
andressoria314159@gmail.com

El objetivo general de este proyecto es realizar una caracterización de recursos de energía eólica en la región de La Rumorosa, Baja California, México. Para realizar este estudio se toman datos de una torre anemométrica ubicada en la región, se determinan las características de la distribución de densidad de probabilidad, y se analizan las series de tiempo de la rapidez y la dirección del viento a diferentes alturas. Los datos de viento se utilizan además para determinar la rugosidad efectiva de suelo, observada por la torre. La torre anemométrica usada en este caso de estudio es la torre localizada en las coordenadas [-116.1130556, 32.48055556], con cuatro anemómetros localizados a 20, 40, 60 y 80 m de altura sobre el nivel del suelo, y midiendo rapidez de viento desde diciembre 2017 hasta noviembre 2019, con un periodo sin datos entre en julio y agosto de 2018. La dirección del viento, por su parte, se midió a 60 y 80 m por el mismo periodo de medición. Lo primero que se analizó fue la distribución de densidad de probabilidad (pdf) de la rapidez del viento, observando que satisface una distribución de Weibull en las cuatro alturas. Los parámetros de Weibull se determinaron usando los siguientes algoritmos: Maximum Likelihood, Empirical Method, Least Squares Method (LMS), Energy Pattern Method y WAsP Method. La pdf obtenida con el LMS fue la que mejor se ajustó a los datos. La dirección del viento, por su parte, se graficó en una rosa de viento, permitiéndonos concluir que la dirección dominante de donde sopla el viento es la Oeste-Sur-Oeste, es decir, a 237.5 grados a partir de la dirección Norte. Después de este análisis preliminar, se procedió a determinar la rugosidad efectiva observada usando el perfil vertical de la velocidad media (considerando todas las direcciones). Ajustando un perfil logarítmico siguiendo métodos iterativos para determinar el desplazamiento vertical, d , y la rugosidad efectiva z_0 , a partir de la rapidez de fricción, se determinaron los valores $d=0.405\text{m}$ y $z_0=0.0113\text{m}$ como los más adecuados. Este valor de z_0 es un poco mayor al valor estimado de Troen et al. (1989) para suelos cubiertos de arbustos, pastizales naturales, o campos erosionados, pero del mismo orden de magnitud que los valores estimados de Silva et al. (2000) o Gaona et al. (2015) para suelos de este tipo. Los resultados de rugosidad efectiva también se compararon con la rugosidad observada por sensores remotos satelitales de la misión ICESat-2. Tanto la rugosidad efectiva estimada con las mediciones anemométricas, como la rugosidad observada por el satélite ICESat-2, se utilizarán en modelos numéricos para ver la sensibilidad de sus predicciones a cambios en este parámetro.

Sesión especial

**LA IUGG-MÉXICO EN LA
COLABORACIÓN CIENTÍFICA
ACTUAL SOBRE FENÓMENOS
NATURALES Y SUS EFECTOS EN
LA RESILIENCIA ANTE DESASTRES**

Organizadores:

Hugo Delgado Granados
Miguel Ángel Santoyo García Galiano

SE05-1

COMBINING NARRATIVE AND NUMERICAL DESCRIPTIONS OF VOLCANIC ERUPTIONS

Andrews Benjamin, Venzke Ed y Bennis Kadie
Smithsonian Institution, Global Volcanism Program
andrewsb@si.edu

Volcanic eruptions produce a broad range of events, with eruption styles and processes changing during and between periods of activity, which vary for different volcanoes. Describing those varied events is important for understanding volcanic processes and ultimately for forecasting and/or mitigating volcanic hazards. The international volcanology community uses a diverse range of instruments and methods to study volcanoes, resulting in an incredibly broad spectrum of data types that compose an exponentially growing volume of information. Synthesizing or combining those different data types can yield insights that greatly exceed the contribution of any one style of observation. All these data have value, but systematically or efficiently combining different data types can be challenging when some are inherently numerical (e.g. digital seismograms), whereas others are narrative (e.g. descriptions of changes in crater glow). The Smithsonian's Global Volcanism Program (GVP) catalogs activity of the world's approximately 1,400 Holocene volcanoes through the Volcanoes of the World (VOTW) database, which is in turn informed by the Bulletin of the Global Volcanism Network (BGVN) and USGS/Smithsonian Weekly Volcanic Activity Report (WVAR). The GVP is beginning to develop catalogs of the events described in the BGVN and WVAR. A pilot study of 47 volcanoes in Latin America demonstrated that even fragmentary or qualitative narratives can complement more systematic instrumental or satellite time-series of observations and provide valuable insights into volcanic processes. Further, this project encourages international collaboration and communication across multiple disciplines relating to the volcanological and broader geological communities.

SE05-2

LA CD. DE MÉXICO Y SU ÁREA METROPOLITANA. UNA URBE RODEADA DE VOLCANES QUE NO SABE DE RESILIENCIA VOLCÁNICA.

Sosa Ceballos Giovanni
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
giovannis@igeofisica.unam.mx

La Cd. de México (CDMX) y la porción Este del Estado de México cuentan con más de 26 millones de habitantes y junto con otras porciones de la Megalópolis conforman la urbe con mayor riesgo volcánico en el país. La zona que delimita la CDMX cuenta con volcanes que tenido actividad desde el Pleistoceno y hasta el Holoceno, los cuales incluyen a las sierras de Las Cruces al oeste, Chichinautzin al sur, Nevada al este. La resiliencia de la CDMX y su zona conurbada nunca ha sido puesta a prueba ante un desastre volcánico. Este trabajo presenta la historia de 1 erupción que afectó lo que hoy conocemos como la CDMX. Hace 14 mil años ocurrió una erupción en el volcán Popocatepetl, la Erupción Pliniana Tutti Frutti. Esta erupción generó flujos piroclásticos y una columna eruptiva de más de 40 km de altura. La isopaca de 10 cm cubre casi toda la zona metropolitana, incluyendo el centro histórico, y el aeropuerto internacional de la CDMX sobreyace al menos 15 cm de depósitos de esta erupción. Si una erupción de esta magnitud ocurriera, sus productos cubrirían totalmente el área donde viven más de 12 millones de personas. ¿Qué sucedería en la ciudad durante un escenario similar al presentado por esta erupción? Una erupción de este estilo arrojaría enormes cantidades de ceniza en la ciudad, la cual sería fácilmente removilizada por lluvias ocasionando inundaciones catastróficas. Podrían los techos de algunas viviendas soportar el peso de varios centímetros de ceniza? ¿el cableado eléctrico y los diversos servicios de comunicaciones podrían soportar la caída de estas partículas? ¿El drenaje de la ciudad estaría apto para recibir toneladas de ceniza? Estos son sólo una serie de consecuencias que tendría una erupción volcánica además de los riesgos a la salud por enfermedades del sistema respiratorio en la población. ¡Estamos preparados para ello? ¿Qué necesitamos hacer para ser resilientes ante un desastre de esta naturaleza? No es claro si la comunidad científica, las autoridades de Protección Civil y el gobierno federal están preparados para soportar un fenómeno de esta naturaleza. ¿Se tiene conocimiento por parte de las autoridades de que una erupción volcánica podría paralizar el centro financiero y gubernamental de México?

SE05-3

THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY - IAG

Altamimi Zuheir
Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN)
zuheir.altamimi@ign.fr

The International Association of Geodesy (IAG) is a scientific association in the field of geodesy. It promotes scientific cooperation and research in geodesy on a global scale and contributes to it through its various research bodies. It is a constituent association of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and has a long history that goes back to 1862. The Mission of the Association is the advancement of geodesy. IAG implements its mission by furthering geodetic theory through research and teaching, by collecting, analyzing, modelling and interpreting

observational data, by stimulating technological development and by providing a consistent representation of the figure, rotation and gravity field of the Earth and planets, as well as their temporal variations.

SE05-4

THE IUGG MÉXICO NATIONAL COMMITTEE 2018-2020: FROM RECENT ACTIVITIES TO THE NEAR FUTURE

Santoyo García Galiano Miguel Angel
Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
santoyo@igeofisica.unam.mx

Starting in 2018, and during 2019, the IUGG Mexico National Committee prepared and presented before the IUGG Council, the proposal for the Mexico's candidacy to organize the IUGG-2023 General Assembly (GA-IUGG2023) in the city of Guadalajara, Jalisco. Since then, this Committee has continued working not only on activities related with this candidacy, but also on those related with the promotion of the IUGG objectives in the Earth and Space Sciences research in Mexico. In this talk, we will account about the projects undertaken by this National Committee, since the GA-IUGG2023 candidacy proposal in 2019, to the current development of the COVID19 pandemic and its possible impacts on the frame of the IUGG Mexico National Committee objectives. Likewise, we will describe the tasks that are proposed by the Committee for the near future.

SE05-5

LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE CIENCIAS HIDROLÓGICAS, SECCIÓN MÉXICO

Herrera Zamarrón Graciela del Socorro
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ghz@geofisica.unam.mx

La "Section d'Hydrologie Scientifique" fue una de las secciones constitutivas de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG), la que tuvo su primer asamblea general en Roma en 1922. Se convirtió en la "International Association of Scientific Hydrology" en la Asamblea General de 1930 en Estocolmo y, finalmente, tomó su nombre actual en la asamblea general de Moscú en, 1971 (International Association of Hydrological Sciences, IAHS). Esta asociación promueve el estudio de todos los aspectos de la hidrología mediante la discusión, la comparación y la publicación de sus resultados y la investigación en temas que requieren cooperación internacional. Sus lineamientos están dados por el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO y Programa de Hidrología y Recursos Hídricos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Los pilares de esta son: 1) La ciencia hidrológica para un asesoramiento pertinente de las políticas; 2) La educación y la creación de capacidades que respondan a las necesidades en aumento del desarrollo sostenible; 3) La evaluación y gestión de los recursos hídricos para lograr la sostenibilidad ambiental; 4) Cumplir los objetivos estratégicos de la UNESCO; 5) Promover el uso efectivo de la hidrología en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos. En esta plática se reportarán las actividades de la Sección México de esta asociación, incluyendo la conformación de la base de datos de recursos humanos en los temas que cubre la asociación, las actividades que se están impulsando y las posibles sinergias con otras asociaciones ligadas al tema.

Sesión especial

**SEGUNDA REUNIÓN DE LA
SOCIEDAD MEXICANA DE
ARQUEOMETRÍA DEL OCCIDENTE,
CELEBRANDO EL 20 ANIVERSARIO
DEL CENTRO DE ESTUDIOS
ARQUEOLÓGICOS DEL COLMICH**

Organizadores:

Rodrigo Esparza López
Avto Gogichaishvili
Blanca Maldonado Álvarez
Francisco Sánchez Tornero

SE06-1

A 20 AÑOS DE INVESTIGACIONES ARQUEOMÉTRICAS EN EL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ARQUEOLOGÍA DEL CEQ-COLMICH

Esparza López Rodrigo
Centro de Estudios Arqueológicos - El Colegio de Michoacán, A.C.
jresparza@yahoo.com

Se cumplen 20 años de la inauguración del Centro de Estudios Arqueológicos de El Colegio de Michoacán, desde su inicio ha sido parte de sus objetivos acercar las investigaciones arqueométricas a los proyectos de investigación como a las tesis de los alumnos de grado. Actualmente se han forjado ya varios especialistas en el ramo estudiando materiales que van desde estudios de materiales tanto líticos como de cerámica, así como en estudios de pirotecnia, análisis de suelos, estudios de pigmentos, estudios de huellas de uso, datación, gracias también a la ayuda y colaboración con otras instituciones con las cuales se ha logrado una constante relación. En esta presentación haremos un balance principalmente de las tesis que se han formado en el programa y veremos hacia donde van estas contribuciones en el futuro para conformar un grupo especializado en México y en Occidente de estudios arqueométricos.

SE06-2

LA INVESTIGACIÓN ARQUEOMÉTRICA DESDE EL CENTRO DE ESTUDIOS ARQUEOLÓGICOS DE EL COLEGIO DE MICHOACÁN: UNA PERSPECTIVA DIACRÓNICA

Maldonado Álvarez Blanca Estela
El Colegio de Michoacán, A.C., Sede La Piedad
bem171@gmail.com

Desde su fundación, el Centro de Estudios Arqueológicos de El Colegio de Michoacán, se ha caracterizado por la investigación interdisciplinaria, en donde destaca de manera particular el papel de los estudios arqueométricos. A lo largo de los últimos 10 años, se han llevado a cabo diversos proyectos que involucran el análisis científico de materiales diversos. El siguiente trabajo tiene como objeto presentar una síntesis de los proyectos llevados a cabo por la autora, de 2009 a la fecha, así como su relevancia científica y arqueológica.

SE06-3 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIO PIROTECNOLÓGICO Y DATACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA DE LOS HORNOS PREHISPÁNICOS PARA CAL EN EL ÁREA MAYA

Ortiz Ruiz María Soledad¹, Gogichavil Avto², Kravchinsky Vadim A.³, Cejudo Ruiz Fredy Rubén², De Lucio Oscar G.⁴, Villa Alfredo², Gongora Ángel¹, Morales Juan Julio² y Barba Pingarrón Luis⁵

¹Centro INAH-Yucatán, Instituto Nacional de Antropología e Historia

²Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM, Unidad Michoacán, Campus Morelia

³Geophysics, Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada T6G2E1

⁴Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural, Instituto de Física, UNAM

⁵Laboratorio de Prospección Arqueológica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
sole.ortiz.ruiz@gmail.com

Los hornos para cal en el área Maya se han convertido en una fuente importante para comprender el proceso de producción de cal, que fue una actividad primaria. La cal fue usada principalmente en la construcción de edificios, aunque también en la preparación de alimentos. Las excavaciones realizadas durante la última década de hornos para cal han generado interrogantes sobre la edad de construcción y utilización de los hornos, así como su incidencia en la sociedad Maya prehispánica. El arqueomagnetismo nos permite conocer la edad de la última calcinación que ocurrió en el horno. Las fechas arqueomagnéticas nos proporcionan un gran período de utilización entre el 707 A. D. al 1900 A. D., arqueológicamente significa que los mayas utilizaron estos hornos entre el período Clásico Tardío hasta la época colonial. Nuestra ponencia es el resultado de 7 años de trabajo interdisciplinario mediante el cual se logró obtener las fechas arqueomagnéticas de los hornos para cal en el Norte del área Maya, que junto con la información arqueométrica disponible permitió el estudio pirotecnológico de los hornos, conociendo así las temperaturas de calcinación que se alcanzaron en dichas estructuras. Ambos resultados hacen posible comprender la tecnología de uso del fuego ligada a la producción de cal en el área Maya

SE06-4

LA DETERMINACIÓN DE ARQUEOINTESIDAD ABSOLUTA GEOMAGNÉTICA DE SU CERÁMICA ARQUEOLÓGICA DE LOS ESPACIOS FUNERARIOS DEL VALLE DE COLIMA

Cejudo Ruiz Fredy Rubén¹, Olay Barrientos María de los Ángeles², Gogichavil Avto¹, Morales Juan Julio¹ y Soler Arechalde Ana María¹
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Centro INAH Colima
xinef2005@yahoo.com.mx

La importancia del estudio de la cerámica arqueológica en las investigaciones de los pueblos prehispánicos de Mesoamérica es fundamental, ya que a partir de éstas es posible hacer configuraciones espaciales y temporales de la ocupación de los pueblos antiguos. En este trabajo, se presentan fechamientos arqueomagnéticos basados en la determinación de la arqueointensidad absoluta geomagnética de varios objetos arqueológicos de tipo cerámico encontrado en espacios funerarios ("tumbas de tiro") del Valle de Colima, los cuales corresponden al Preclásico tardío y el Clásico temprano (fases Ortices y Comala).

SE06-5

FECHAMIENTO ARQUEOMAGNÉTICO EN CUZALAPA, MANANTLAN, JALISCO

Pomedio Chloé¹, Gogichavil Avto², López Delgado Verónica², Cejudo Ruiz Fredy Rubén², Morales Juan Julio², Soler Arechalde Ana María² y García Rafael²
¹Universidad de Guadalajara, UdeG
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
chloempomedio@gmail.com

Las primeras exploraciones arqueológicas realizadas por el proyecto Arqueología de la Sierra de Manantlán (Universidad de Guadalajara-Reserva de la Biósfera de la Sierra de Manantlán), en el valle de Cuзалapa, al sur de Jalisco, arrojan datos sobre la ocupación prehispánica de esta región desconocida arqueológicamente hablando. El hallazgo de varios sitios de arquitectura y manifestaciones grafico-rupestres plantean la cuestión de la profundidad temporal de estos vestigios. En condiciones complicadas de trabajo de campo, se llevó a cabo una excavación exploratoria de un asentamiento en el sitio de La Palma, en donde la escasez de artefactos diagnósticos complicó la elaboración de una cronología, salvo por la datación arqueomagnética de un piso de estructura sencilla, realizada por el Servicio Arqueomagnético Nacional del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se determinó el comportamiento magnético en varias muestras, y se desmagnetizaron mediante campos alternos, tomando en cuenta las capas superiores y más profundas del piso. Luego se procedió al cálculo de paleodirecciones y se obtuvo un fechamiento mediante la herramienta MATLAB. Aun siendo una datación aislada dentro del conjunto de evidencias registradas, permite ubicar tentativamente la ocupación del valle de Cuзалapa en el Posclásico Temprano, y esbozar una primera interpretación de las dinámicas culturales posibles en el contexto extrarregional del desarrollo de la red Aztatlán.

SE06-6

DE CHUPÍCUARO AL DESPOBLAMIENTO DE LA FRONTERA SEPTENTRIONAL. EVIDENCIA ARQUEOMAGNÉTICA DESDE EL SITIO LO DE JUÁREZ, GUANAJUATO, MÉXICO.

López Delgado Verónica¹, Rodríguez Lidia Iris², Gogichavil Avto³, Morales Israel², Cejudo Ruiz Fredy Rubén³, Morales Juan Julio³, Soler Arechalde Ana María³, Bautista Francisco³ y García Rafael³
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
²INAH Guanajuato
³Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM
⁴Servicio Arqueomagnético Nacional, Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
⁵Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
verol@ciencias.unam.mx

Los estudios arqueomagnéticos durante la última década han mostrado que la datación arqueomagnética puede ser una herramienta valiosa para reconstruir cronologías del estudio de estructuras expuestas al fuego. A pesar de los importantes trabajos con innumerables hallazgos y su gran impacto regional, la cronología de sitios arqueológicos del estado de Guanajuato, está soportada por escasas dataciones arqueométricas como el radiocarbono. El salvamento arqueológico realizado en el municipio de Irapuato, Guanajuato, ofreció oportunidad de analizar un fogón y un horno perfectamente conservados, que son excelentes medios para el registro del Campo Magnético Terrestre al momento de su último uso (Carrancho et al, 2015). Los experimentos magnéticos realizados incluyen: determinación de ciclos de histéresis, adquisición de la magnetización remanente isoterma, curvas termomagnéticas continuas, desmagnetización por campos alternos y determinación de las intensidades geomagnéticas absolutas (Thellier & Thellier, 1959). La determinación arqueomagnética con modelos paleomagnéticos

globales resulta en una datación arqueomagnética para el fogón que arrojó un intervalo de tiempo entre 973 y 1204 d.C. como la mejor estimación de temporalidad de último uso, lo que corresponde al Posclásico Temprano. En cambio, la datación arqueomagnética estimada del horno, presuntamente de cal, proporcionó un intervalo entre 36 a.C. y 40 d.C., correspondiente a las etapas Interfase y Mixtlán del Formativo Superior. Lo anterior podría corroborar la existencia de reportes de cerámica de estilo Chupicuaro cerca del área. Estos datos abren un nuevo panorama en el estudio de las ocupaciones más tempranas y del Posclásico Temprano que se dieron en este sector del Bajío y abren nuevas interrogantes en torno a la ocupación de la población prehispánica regional y en torno a las formaciones sociales que habitaron el Guanajuato prehispánico, en específico, en la Cuenca del río Guanajuato.

SE06-7

APLICACIÓN DE LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO AL ESTUDIO DEL ENGOBE BLANCO EN LA CERÁMICA FORMATIVA DEL ALTIPLANO CENTRAL Mesoamericano

Sánchez Tornero Francisco Javier
Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad de Guadalajara
arquosantor@hotmail.com

En la presente investigación se analiza mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y microanálisis por dispersión de energías de rayos X (EDX), la cerámica formativa (ca. 1500 a. C. - 200 a. C.) con engobe blanco ubicada en el manantial Ojo de Agua de San Antonio La Isla, Valle de Toluca, con el objetivo de identificar las primeras manifestaciones del uso de engobe blanco y / o colorante en un marco comparativo y su importancia cultural para las sociedades lacustres en las regiones estudiadas. En relación con lo anterior, para corroborar la información arqueométrica e histórica sobre los diferentes orígenes para obtener el engobe en cuestión, se analizan las cerámicas con engobe blanco de la cuenca de México y la región de Morelos. Las imágenes micrométricas y los datos químicos identifican las estructuras de diatomeas fósiles en el engobe, lo que indica que es la materia prima utilizada para la elaboración del engobe blanco aplicado a la cerámica formativa en la cuenca del Alto Lerma y la cuenca sur de México. Con respecto a los materiales analizados al norte de la cuenca de México y la región de Morelos, presentan una concentración representativa de calcita y silicato (arcilla) como minerales que dan origen al engobe blanco de estas muestras. Los resultados químicos elementales sugieren que el uso del fósil de diatomeas como material colorante era una tradición cromática arraigada en Alto Lerma y en el sur de la cuenca de México, que prevaleció en las comunidades ribereñas durante milenios. Las similitudes y variaciones específicas, registradas en la información arqueométrica, permiten el reconocimiento de la relación entre diferentes grupos humanos, la técnica y / o las técnicas utilizadas, sirviendo como base para conocer el legado cultural que identifica a un grupo de población. Del mismo modo, el análisis por MEB-EDX de la cerámica formativa con engobe blanco revela una diversidad en su composición química, que es indicativa de varias tradiciones distintivas en lo que respecta a la adquisición de materia prima.

SE06-8

MICROSCOPIA APLICADA A LA IDENTIFICACIÓN DE HUELLAS DE USO EN MATERIALES DE OBSIDIANA DE UN ASENTAMIENTO ISLEÑO, CUENCA DE MAGDALENA, JALISCO

Blanco Morales Ericka Sofía¹ y Pérez Martínez Patricia²
¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México
²Laboratorio de Tecnología de Cazadores Recolectores, ENAH
erickasofia blanco@gmail.com

La configuración geomorfológica de la cuenca de Magdalena en Jalisco detonó una dinámica cultural constante que nos remite a un amplio espectro temporal de ininterrumpida interacción social con el medio. Los seres humanos aprovecharon los recursos disponibles para la producción artesanal de bienes útiles y suntuosos a escala familiar e institucional. La presentación desglosa el protocolo de una investigación inserta en la temática económica mesoamericana. Se busca explicar la dinámica social lacustre relacionada al aprovechamiento de recursos disponibles, el trabajo artesanal y la distribución de bienes en el lago ahora extinto de Magdalena en Jalisco durante el 450 al 1400 d.C. El estudio, aún en desarrollo, inició con la exploración del Conjunto de Producción y Desecho ubicado en la Isla de Atitlán, en el Municipio de San Juanito de Escobedo Jalisco. Ahí, dentro de un área de aproximadamente de seis hectáreas, se distribuyen materiales de obsidiana tanto en superficie, como en las diferentes etapas de ocupación del espacio. Esperamos, a través de técnicas arqueométricas, reconocer fuentes de procedencia de la materia prima, técnicas de manufactura de talla de los instrumentos, así como su empleo, dado que a nivel macroscópico hemos podido identificar huellas de uso seguramente relacionadas al aprovechamiento de un recurso que provee el medio lacustre.

SE06-9

LA OBSIDIANA DE LA SIERRA DE LAS CRUCES: CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-ELEMENTAL (DRX Y AAN) PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA DINÁMICA REGIONAL EN LA ÉPOCA PREHISPÁNICA

Nieto Hernández Rubén¹, Jaimes Vences Gustavo² y Valdez Pérez María Eugenia¹
¹Universidad Autónoma del Estado de México
²El Colegio Mexiquense A. C.
rniehoh@uamex.mx

Como resultado de trabajos de prospección arqueológica en la Sierra de las Cruces realizados en el año 2006, se registró la presencia de sitios arqueológicos cuya cronología comprende desde el periodo Preclásico (1200 a.C.) hasta el Posclásico tardío (1521 d.C.) que plantearon múltiples interrogantes debido a su ubicación, que coincidió con la existencia de caminos que posibilitaron la comunicación interregional. En dichos asentamientos, se identificaron tanto materiales cerámicos como líticos, en específico obsidiana, que circularon por las antiguas rutas. Los artefactos recuperados exhibían características relacionadas con diferentes yacimientos de origen que resultaba necesario analizar con técnicas arqueométricas. De este modo, se busca explicar los mecanismos que motivaron a nivel regional, además de inferir la mecanismos que posibilitaron la movilidad de un producto que tuvo gran demanda en tiempos prehispánicos.

SE06-10

EL ESTUDIO DE LA CERÁMICA LOCAL DEL SITIO ARQUEOLÓGICO DE SANTA CRUZ ATIZAPÁN, ESTADO DE MÉXICO, MEDIANTE FLUORESCENCIA DE RAYOS X PORTÁTIL, DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

Jaimes Vences Gustavo¹, Sugiura Yamamoto Yoko¹, Acosta Ochoa Guillermo² y Bokhimi Xim³
¹El Colegio Mexiquense A.C., CMQ
²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
³Instituto de Física, UNAM
gjames@cmq.edu.mx

El sitio arqueológico de Santa Cruz Atizapán, Estado de México, situado en la margen oriental de las antiguas ciénagas del Alto Lerma, fue un centro prehispánico importante en el sur del valle de Toluca. Su historia comprende desde hace más de 1500 años hasta poco antes de la conquista española. Varias temporadas de excavaciones en dicho sitio recuperaron, entre otros materiales arqueológicos, más de 200, 000 fragmentos y piezas cerámicas con funciones utilitarias y rituales que pertenecen al Clásico tardío y el Epiclásico (ca. 450-900/1000 dC). Por las características de su pasta, el análisis macroscópico definió que son de producción local. Con la finalidad de confirmar dicha propuesta, se sometieron varias muestras a los análisis mediante Fluorescencia de Rayos X portátil, Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido. En la presente ponencia se presentarán y discutirán los resultados obtenidos de los análisis de composición químico-elemental y mineral realizado a los siete grupos de pastas cerámicas identificados en el sitio arqueológico de Santa Cruz Atizapán, Estado de México; los resultados permitieron caracterizar los grupos de pasta e identificar si efectivamente éstas provienen al interior de la región mencionada.

SE06-11 PLÁTICA INVITADA

STUDY OF INKS AND PAPERMAKING PROCESS ON THE ASIAN PELLIOT COLLECTION'S MANUSCRIPTS BY IN SITU NON-INVASIVE IMAGING AND SPECTROSCOPIC TECHNIQUES

Laclavetine Kilian¹, Michelin Anne², Fodor Melinda³, Huard Athanaric³, Llopis Lucas⁴, Arnaud-Nguyen Emilie⁵, Petit Jérôme⁶, Vilmont Léon-Bavi⁷ y Pinault Georges-Jean⁷
¹Centre de Recherche sur la Conservation des Collections (CRCC), Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université Paris Sciences & Lettres (EPHE, PSL), Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad, Nacional Autónoma (IIE, UNAM)
²Centre de Recherche sur la Conservation des Collections (CRCC)
³Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université Paris Sciences & Lettres (EPHE, PSL), Bibliothèque nationale de France (BnF)
⁴Centre de Recherche sur la Conservation des Collections (CRCC), Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université Paris Sciences & Lettres (EPHE, PSL)
⁵Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université Paris Sciences & Lettres (EPHE, PSL), University of Hamburg
⁶Bibliothèque nationale de France (BnF)
⁷Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université Paris Sciences & Lettres (EPHE, PSL)
kilian.lac@gmail.com

The Pelliot collection of the National Library of France (BnF) contains thousands of manuscripts discovered in the Tarim region (part of the actual Xinjiang in northwest China) mostly written in Kuchean and Sanskrit, between the 6th and the 8th century AD. Kuchean (alias Tocharian B) is an extinct branch of the Indo-European language family of particular interest for linguist specialist. This manuscript collection is a key to enhance our understanding of Kuchean and Indo-European languages, but also, a useful legacy to know better the Buddhist culture in the Kucha region studying

the technique used in order to produce these texts. The ERC project "History of the Tocharian texts of the Pelliot collection" (HisTochText, principal investigator G.-J. Pinault, EPHE, PSL) with the collaboration of BnF and CRCC focuses on the study of this collection by both historians, linguists and physicochemists. The research objective at CRCC is to provide information on the materiality of manuscripts in order to improve the codicological knowledge of these documents. A second goal is to use scientific imaging and image processing techniques (false color) to enable linguists to read and study damaged manuscripts (on paper or wood). The non-invasive techniques used in situ at the BnF can be divided into two types of scientific analysis: imaging and spectroscopic techniques. Each of these techniques provides complementary information that contributes to the identification of materials and making process for these documents. We will present and discuss the results obtained on ink and paper from religious and civilian manuscript.

SE06-12

METODOLOGÍA PARA LA RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN EN PIEZAS ARQUEOLÓGICAS DESCONECTADAS: LA CERÁMICA DE LA COLECCIÓN ALVARO OBREGÓN, MICHOACÁN

Castañón Suárez Mijaely Antonieta¹, Aguayo Haro Ramiro² y Robles Camacho Jasinto²¹ Colegio de Michoacán, COLMICH² Centro INAH Michoacán

mijaely@colmich.edu.mx

En este trabajo se expondrá la aportación de los estudios arqueométricos para la extracción de información de piezas arqueológicas que han perdido su información contextual (consecuencia del coleccionismo y el saqueo), piezas que en otro momento podrían carecer de interés para el arqueólogo, más allá del aspecto museográfico, pero que en la actualidad, con una evaluación adecuada de las piezas puede brindar información muy valiosa. Se mostrará la metodología aplicada en la cerámica de la colección Álvaro Obregón, recuperada por el INAH, que implicó restauración, análisis tipológico y análisis petrográfico (mineralogía modal) en láminas delgadas. Se mostrarán los resultados obtenidos del análisis petrográfico en función al origen de las piezas, el proceso de producción de la cerámica arqueológica de la región.

SE06-13

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS, MORFOLÓGICAS Y MINERALÓGICAS DE ROCAS CALIZAS DEL NORTE DE YUCATÁN

May Crespo José Fernando¹ y Quintana Owen Patricia²¹ El Colegio de Michoacán, A.C., COLMICH² Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) Unidad Mérida
jose.may@colmich.edu.mx

Muchos son los tipos de rocas sedimentaria que se extiende por todo el Estado de Yucatán, varios tipos de caliza, se pueden observar en afloramientos superficiales y a ciertos metros de profundidad, los cuales poseen diferentes grados de dureza y porosidad y que pueden ser observados en su textura [1]. La variación en la constitución geoquímica de algunos tipos de roca, ha permitido identificar, al Norte del estado, tres tipos de rocas, que presentan diferencias sustanciales entre ellas. Estas rocas de fácil identificación entre los pobladores locales como laja, sascab y conchuela, son hoy en día, un material indispensable para la construcción de todo tipo de edificaciones. Sin embargo, hasta ahora existen pocos trabajos en la investigación de las propiedades físicas de materiales geológicos. En años más recientes se ha llevado a cabo investigaciones de la litología de Yucatán centrándose en las formaciones geológicas y de otros con aportes ingenieril [1,2,3]. En el presente trabajo, se discute una comparación entre las propiedades mecánicas, de los tres tipos de rocas, y relacionando estas, con una caracterización morfológica y mineralógica. En este estudio fueron empleadas la microscopía óptica (OM) y electrónica (SEM) para la discusión de la morfología y textura, la identificación de fases mineralógicas se hizo a través de la difracción de rayos X (DRX), así como también, en la parte del análisis de las propiedades mecánicas, en las pruebas de resistencia a la compresión y microdureza fueron hechas en colaboración con otros centros y los cuales emplearon protocolos de análisis de materiales geológicos. [1] Estrada Medina, Héctor, Jiménez Osornio, Juan José, Álvarez Rivera, Oscar, Barrientos Medina, Roberto Carlos. El karst de Yucatán: su origen, morfología y biología. Acta Universitaria (Multidisciplinary Scientific Journal). <http://doi.org/10.15174/au.2019.2292>. [2] Perry, Eugene C., Velázquez-Oliman, Rosa M. Dunning, Nicholas P. The Icaiche Formation: Major contributor to the stratigraphy, hydrogeochemistry and geomorphology of the northern Yucatán Peninsula, Mexico. BOL. SOC. GEOL. MEX. 2019. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2019v71n3a7>. [3] Alonzo-Salomón L. Características geotécnicas de suelos y rocas de los estados de Yucatán y Campeche. Revista Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). 2010. Yucatán México.

SE06-14

INTERACCIÓN CULTURAL Y DIVERSIDAD CERÁMICA EN LA CUENCA DE CUITZEO DURANTE EL EPICLÁSICO

Castañón Suárez Mijaely Antonieta y Filini Agapi

Colegio de Michoacán, COLMICH

mijaely@colmich.edu.mx

Recientes investigaciones en la región lacustre de Michoacán han brindado nuevos datos sobre las dinámicas culturales durante el periodo Epiclásico. La cuenca de Cuitzeo ha sido una región clave para el estudio de los contactos entre la cuenca de México y el Occidente a partir del Preclásico. La cerámica se puede considerar como un elemento fundamental para identificar procesos de interacción mediante el estudio de pastas e iconografía entre otros puesto que se puede precisar la procedencia de dichos elementos así como su impacto en la producción local y otros aspectos relacionados con el desarrollo de las sociedades lacustres. Aquí se mostrará la diversidad cerámica que hay en la región en el Epiclásico y los resultados obtenidos del análisis petrográfico en láminas delgadas de los tipos cerámicos de influencia foránea en la región, a partir de una muestra de 20 fragmentos cerámicos, donde se pudo identificar las procedencias y caracterizar la producción local. Por tanto se puede distinguir el grado y la naturaleza de interacción entre sitios de la cuenca de Cuitzeo y regiones diversas en su periferia.

SE06-15 PLÁTICA INVITADA

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO DE MÉXICO EN LOS ÚLTIMOS 3600 AÑOS

García Rafael¹, Perz Nayeli¹, Gogichashvili Avto¹,
Rodríguez Ceja María² y Morales Contreras Juan Julio¹¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Instituto de Geología, UNAM

asrael.rafael@gmail.com

El Campo Magnético de la Tierra funciona como un escudo protector de las emanaciones del sol como tormentas solares que desprende en partículas cargadas dañinas para nuestra capa de ozono y la vida como la conocemos, por lo cual su estudio y comprensión es de suma importancia. En la actualidad se puede monitorear de manera continua gracias a los satélites y observatorios para poder detectar sus cambios más notables, pero es en el pasado cuando sucedieron los cambios más importantes, por lo cual el dentro del presente estudio se lleva a cabo un recopilación de intensidades arqueomagnéticas de México para los últimos tres mil seiscientos años, obtenidas por los protocolos aceptados por la comunidad científica y estableciendo un criterios de aceptación mediante los mas recientes parámetros de calidad. El objetivo del presente estudio es desarrollar una curva regional de variación paleosecular que mejore con respecto a sus antecesoras describiendo de manera confiable la evolución de la intensidad arqueomagnética de México con datos de buena calidad y con una distribución continua en el tiempo evitando tener GAPS que derivan en el desarrollo de curvas sintéticas.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Organizadores:

Marina Manea

Erika Jessenia Moreno

Silvia Violeta Nava Lara

Andrés David Bayona

SE07-1

EL IMPACTO DEL GEOPARQUE MIXTECA ALTA-UNESCO EN LA ENSEÑANZA SOCIOEDUCATIVA Y GEOCIENTÍFICA DE LOS ALUMNOS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARMEN

Silés Esquivel Jhoanna¹, Lima Velázquez Rosalba¹, Fernández De Castro Martínez Gonzalo², Chako Tchamabe Boris¹, Marín Guzmán Ana Pilar¹, López Pizaña Joana Fabiola¹, Alcalá Reygosa Jesús² y Palacio Prieto José Luis²

¹Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR

²Instituto de Geografía, UNAM
jse.8090@gmail.com

México posee una abundante riqueza geológica, sin embargo, en la actualidad el país atraviesa por una creciente ola de inseguridad social, el cual ha disminuido o dificultado las opciones para la realización de prácticas en campo. Los docentes de disciplinas de ciencias naturales no sólo tenemos el compromiso de compartir e incentivar el conocimiento en un entorno natural, en el cual el alumno practique el conocimiento adquirido en el aula, sino también debemos cuidar el hacerlo bajo condiciones de seguridad. A partir del 2018, el Programa Educativo de Ingeniería Geológica (PEIG) de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) entra en contacto con el Geoparque Mixteca Alta UNESCO (GMA) para la ejecución de prácticas de campo, en las cuales han participado más de 228 estudiantes hasta la fecha, cubriendo así los objetivos de las asignaturas de Geología Estructural, Vulcanología, Geología General, Riesgo Geológico, Geología Histórica y Geología de Campo. Los alumnos son acompañados por docentes investigadores de la UNACAR y docentes investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y guías locales del Geoparque, siendo estos quienes coordinan la obtención de los permisos ante las autoridades municipales, agrarias y de bienes comunales de los sitios visitados. Este trabajo pretende hacer un énfasis en los aprendizajes socioeducativos y geocientíficos, así como en la retroalimentación educativa que cada visita deja a nuestros estudiantes, mismos que desarrollan competencias transversales como el trabajo colaborativo, la comunicación verbal y corporal, así como una actitud proactiva tanto en el trabajo de campo como en las actividades culturales. Ya desde la llegada al geoparque, el recibimiento que las autoridades comunales realizan a los visitantes forma parte de la experiencia en donde los usos y costumbres de la región comienzan a ser observados como parte de la organización política y en donde se aprende que nada ocurre sin que la población esté al tanto o bien, conceda su permiso de acceder a un determinado espacio. Desde el punto de vista geológico y geomorfológico, los geoparques tienen como objetivo contribuir a la explicación de la evolución del planeta en diferentes escalas. El GMA cuenta con diversos geositios y geosenderos de interés arqueológico, histórico y geológico. Estos atributos generan áreas de oportunidad para que los estudiantes contribuyan a través de proyectos de tesis, actualizando la cartografía geológica estructural de la región a través de levantamientos geológicos a detalle para su divulgación al público en general. Esta información es obtenida en su trabajo de campo y posteriormente en laboratorio. Además de las tesis, se han elaborado 4 informes técnicos que serán donados a las comunidades visitadas con la finalidad de retribuir las atenciones y conocimientos que los pobladores también comparten. Finalmente, es necesario destacar que quienes forman parte del PEIG han experimentado el placer de los sabores, colores, artesanías y tradiciones que la región ofrece, pero sobre todo han constatado la relación que existe entre las geociencias y la evolución sociocultural de la Mixteca Alta.

SE07-2

ELABORACIÓN DEL LIBRO DIGITAL TERMODINÁMICA PARA CIENCIAS DE LA TIERRA: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES, COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA CONTRIBUIR AL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LOS ESTUDIANTES DE GEOCIENCIAS

Arellano Gil Javier, Soto Ayala Rogelio, Pérez Martínez Ana Laura, Muñoz Hernández Genaro y Rojas Tapia Alejandro
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México
arellano@unam.mx

El proyecto consiste en elaborar un libro de termodinámica para Ciencias de la Tierra, que satisfaga la necesidad de contar con material bibliográfico digital actualizado, en español, con teoría básica y ejercicios que permitan fortalecer el aprendizaje de la Termodinámica de los alumnos de las carreras de Ingeniería Geológica, Geofísica, Petrolera y de Minas y Metalurgista, tomando como base que la termodinámica es la ciencia que estudia los procesos donde se llevan a cabo transformaciones de una forma de energía a otra, así como el estudio de las propiedades físicas de las sustancias que están involucradas en dichas transformaciones energéticas; es una ciencia de enormes alcances, por lo que es difícil pensar que en el Planeta Tierra quede algo fuera de ella, considerando que es un sistema natural basado en los intercambios de materia, energía y en las transformaciones surgentes de los distintos procesos contenidos en ella, por lo que hablar de cualquier proceso geológico es hablar inherentemente de termodinámica, la que está firmemente sustentada en el experimento y en sus cuatro leyes fundamentales. Para la elaboración del ebook se están utilizando las tecnologías de la información, por lo que, además de ser de fácil acceso, será

atractivo para los estudiantes, permitiendo mejorar el aprendizaje significativo. La obra se compondrá de 33 capítulos, 9 de fundamentos teóricos, así como 24 capítulos de casos de aplicación y temas selectos. Tiene como finalidad contribuir a: 1) La formación profesional integral y de calidad de los estudiantes. 2) Motivar a los estudiantes en el estudio de la Termodinámica. 3) Disminuir la deserción escolar y el índice de reprobación. La obra será un apoyo tanto para estudiantes, como para profesores de Ciencias Básicas y de Geociencias, ya que en sus unidades teóricas se desarrollan los conceptos fundamentales de la Termodinámica, y en los casos de aplicación y temas selectos, se enfocarán usando ejemplos de México; contará con ejemplos y ejercicios correspondientes a problemas reales. La educación superior en México requiere apoyos para la formación de recursos humanos en ingeniería y en investigación que contribuyan al desarrollo del país, por lo que la Facultad de Ingeniería, UNAM, acorde con su misión de "Generar recursos humanos en ingeniería con formación integral de excelencia académica, así como de realizar investigación científica y aplicada, acorde a las necesidades de la sociedad y de impacto en el desarrollo nacional", lleva a cabo acciones para lograrlo, en el caso de la termodinámica mediante el proyecto PAPIME PE101920, del Programa de Apoyo a Proyectos Para Innovar y Mejorar la Educación, de la UNAM.

SE07-3

GEOPATRIMONIO Y SOCIEDAD DE PURUÁNDIRO, MICHOACÁN

Jácome Paz Mariana Patricia¹, Gómez Piña Víctor Manuel¹, Prol Ledesma Rosa María¹, González Alfaro Alejandra¹, Gómez Torres Mayela¹, González Romo Irving Antonio¹, Flores Soto Xochitl¹ y Castillo Keila⁴

¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

³División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM

⁴Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

jacome@igeofisica.unam.mx

En México hay múltiples regiones con fuentes termales que han albergado civilizaciones desde la época prehispánica y hasta nuestros días. Las aguas termales se han convertido en lugares de gran importancia cultural y la mayoría de las veces se han utilizado para balneología o como baños de la población local. Desafortunadamente, a menudo hay una falta de conocimiento sobre su importancia en el equilibrio natural, la relevancia de su conservación como actores en el desarrollo sostenible local, sus posibles usos directos geotérmicos y su trayectoria histórica como elementos culturales y del geopatrimonio. El objetivo de este trabajo fue visibilizar en la sociedad la importancia de las aguas termales de la ciudad de Puruándiro como elementos principales del patrimonio natural y geográfico local. En este trabajo se presentará la estrategia de comunicación social propuesta e implementada para dicho fin. Se incluyen: i) diseño, implementación y resultados de encuesta de percepción de recursos naturales, ii) una primera clasificación de geositios con valores educativos, científicos y culturales de acuerdo con la opinión local y la primera exploración geotérmica-científica, iii) conferencias y talleres in situ y, iv) presentación de material didáctico y multidisciplinario en español (geo-mapa, geo-guía e infografía) para uso "in situ" donde se destaca la importancia de los manantiales termales, los recursos naturales en general y la geoconservación. El trabajo contiene diversos resultados entre los que se destaca un aporte metodológico de percepción social y creemos puede aportar un camino de acercamiento entre las geociencias y la Sociedad.

SE07-4

DIVULGACIÓN EN EL SSN A PARTIR DE SISMOS IMPORTANTES (2017-2020): ¿QUÉ HEMOS APRENDIDO?

Cárdenas Monroy Caridad, Vela Rosas Miguel Ángel, Pérez-Campos Xyoli y Grupo de Trabajo del SSN
Servicio Sismológico Nacional
aqui.cari@gmail.com

Como parte del programa de divulgación de la Sismología, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) se ha dado a la tarea de producir material didáctico de diferentes tipos. En épocas recientes, el material audiovisual ha cobrado mayor importancia y representa una forma de que los mensajes lleguen a mayor número de personas. A partir de los terremotos de 2017 se hizo evidente la existencia en el público de ciertas creencias y errores en conceptos sismológicos. Frecuentemente se confunden los términos "magnitud" con "intensidad"; se utiliza la expresión "grados Richter" cuando se habla de magnitud, incluso cuando se habla de intensidad; se pretende clasificar a los sismos entre "oscilatorios" y "trepidatorios"; entre otros errores comunes. Ha sido una labor constante, con las transmisiones de divulgación en Facebook, "Platicando con un Sismólogo" responder y aclarar muchas dudas recurrentes en la población. También se contestan las preguntas sobre temas sismológicos que hacen los suscriptores a nuestro canal de Youtube y las que se realizan a través de nuestra página de Facebook. Después de tres años, con el sismo de magnitud 7.4 ocurrido en julio pasado, el interés y las dudas sobre temas sismológicos resurgieron en la población. Analizamos cómo han cambiado las dudas y el tipo de preguntas que se formula la gente en nuestras redes sociales. ¿Ha cambiado la concepción de temas sismológicos en el público? La ocurrencia de sismos importantes en el 2017 y ahora en el 2020 nos presentan la oportunidad de hacer una comparación en el comportamiento mediático y la interacción de nuestros público en estos años.

SE07-5

ANÁLISIS ESPACIAL PARA DETERMINAR LOS PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS EN HERMOSILLO, MÉXICO

Robles-Morua Agustín¹, Navarro Estupiñán Javier², Hinojosa Robles Eduardo³, Peñuñuri Soto Lupita³, Archundia Denisse¹ y González Méndez Blanca⁴

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Universidad Estatal de Sonora

³Instituto Municipal de Planeación Urbana (IMPLAN)

⁴Universidad Nacional Autónoma de México

agustin.robles114592@potros.itson.edu.mx

Las ciudades, en su proceso de urbanización, han perdido los sistemas naturales que regulan el clima, purifican el agua, filtran los contaminantes, regulan de las inundaciones urbanas, recargan los acuíferos, secuestran el carbono, etc. Estos beneficios se denominan servicios ecosistémicos urbanos (SEU), y para recuperarlos se han ideado una serie de estrategias, basadas en la naturaleza, conocidas como infraestructura verde (IV). Su objetivo es fortalecer a las ciudades con SEU para hacer frente a los desafíos ambientales y sociales que implica el cambio climático. El objetivo de este trabajo fue determinar las zonas de la ciudad que presentan problemas ambientales e identificar los SEU para diferentes zonas de la ciudad de Hermosillo, México. Se utilizaron diferentes herramientas de integración de capas espaciales de Sistemas de Información Geográfica. Para el caso de Hermosillo se obtuvo información de estudios previos sobre las zonas de inundación, la vulnerabilidad a islas de calor y a contaminación del aire por deposición atmosférica de polvos y contenidos de metales pesados. Con base en esta información se identificaron puntos con uno o más problemas ambientales categorizados en la necesidad de 3 SEU: 1) Riesgo de inundación; 2) Vulnerabilidad al calor; y 3) Deposición de metales. Estos puntos se señalaron en un mapa, con lo cual se puede identificar cuales SEU son prioritarios para cada zona de la ciudad. Además, se puede jerarquizar entre SEU a atender por zona, en función de la severidad del problema ambiental. La metodología propuesta pretende guiar el análisis previo de los suelos para definir sus aptitudes y seleccionar la Infraestructura Verde más adecuada para cada sitio. Dicha metodología está en construcción y se está realizando en colaboración con el Instituto Municipal de Planeación Urbana (IMPLAN).

SE07-6

DIVULGACIÓN DE LA METEORÍTICA COMO EJEMPLO DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth¹, Rocher Maliachi Ana Cecilia², Segura Peralta Antígona³, Espinosa Arrubarrena Luis⁴, Caballero Corona Julio⁴, Irazaba Ávila Óscar⁵ y Cordero Tercero María Guadalupe⁵

¹Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

⁴Museo de Geología, UNAM

⁵Instituto de Geofísica, UNAM

karina-cervantes@ciencias.unam.mx

El objetivo del trabajo es compartir la experiencia de la divulgación de la meteorítica como motor del aprendizaje basado en proyectos. Nuestra hipótesis es que cuando los alumnos presentan un proyecto de divulgación se apropian del aprendizaje para compartirlo con la sociedad y dan valor a los meteoritos como objetos que han ayudado a la construcción del conocimiento de nuestro planeta y del sistema solar. El avistamiento de meteoros a la atmósfera es un fenómeno extraordinario que dificultó la conexión que hay entre los meteoritos y los cuerpos parentales extraterrestres de los que provienen. El alemán Ernst Florenz Chladni (1756-1827), considerado como padre de la meteorítica, no sólo propuso que los meteoritos provenían del espacio exterior, sino que podían ser parte de un planeta que se fragmentó o ser pedazos que nunca formaron parte de un planeta. Esto dio pie al entendimiento del interior de la Tierra, por ejemplo, Adolph André Boisse (1810-1896) y Auguste Daubrèe (1814-1896) propusieron un modelo en capas tanto de cuerpos parentales que fue empleado para el entendimiento del interior de la Tierra, mucho tiempo antes del desarrollo de los métodos geofísicos. Por esa razón, hemos empleado a los meteoritos como objetos que nos ayudan a enseñar tanto la evolución del sistema solar, así como, a comprender el concepto de la diferenciación planetaria. Desde 2014, hemos planificado junto con los alumnos de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de la UNAM, diferentes proyectos de divulgación. Las materias de Introducción a la Geodinámica, Química Planetaria, Astrobiología y Geología y Atmósferas Planetarias tienen contenidos que están estrechamente relacionados con estas temáticas. En estas clases hemos empleado la técnica de aprendizaje basado en proyectos. La evaluación para los estudiantes se basa en la revisión de la propuesta del trabajo, investigación y presentación de un escrito, así como del prototipo y presentación frente al grupo del taller a presentar el día del evento. Los eventos de divulgación son El Encuentro con la Tierra en donde se colabora muy estrechamente con el Museo e Instituto de Geología, Día del Asteroide y La Noche de Estrellas. Los talleres que se han propuesto son muy diversos, van desde visitas guiadas por la sala de meteoritos del Museo de Geología, elaboración de trufas de condritas para entender la acreción planetaria, preparación de geotrufas

para entender el interior terrestre, modelos que junto con el uso de meteoritos ejemplifican la composición del interior planetario, obras de teatro, entre muchas otras actividades presentadas. A lo largo de estos años hemos entendido que para que el aprendizaje de los alumnos sea efectivo, la planificación y revisión de cada una de las etapas es sumamente importante. El conocimiento de los temas de la materia se vuelve significativo para los alumnos, elevando su autoestima y promoviendo una mejor integración del grupo. Al final del evento, los alumnos adquieren un compromiso con la sociedad y le devuelven con conocimiento la oportunidad de estudiar en la UNAM.

SE07-7

DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA DE DATOS GEOESPACIALES COMO APOYO A LA GESTIÓN HÍDRICA EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, CASO DE IMPLEMENTACIÓN ACUÍFERO DEL VALLE DE SLP

Morales Ruiz América Gabriela¹, Tuxpan Vargas José² y Dávila Harris Pablo²

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

²División de Geociencias Aplicadas

america.morales@ipicyt.edu.mx

El aumento acelerado y exponencial de la producción de datos, la falta de coordinación en las organizaciones, además de las implicaciones políticas y sociales visibilizan uno de los más grandes retos a los que nos enfrentamos y en el que se invierten muchos recursos año tras año. La gestión de información y el manejo eficiente de esta tienen como objetivo primordial el compartir información accesible a diferentes usuarios, impulsándose con el surgimiento de nuevas tecnologías como la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para dar respuesta a estas necesidades, donde generalmente no son problemas de tipo técnico, sino organizativo, político y social. Este estudio pretende la creación de una arquitectura de datos geoespaciales útil para la gestión del recurso hídrico en el Nexo Agua-Energía- Alimento y Sociedad en el estado de San Luis Potosí, y forma parte del proyecto FORDECYT 297557. El ciclo de desarrollo de la arquitectura esta basado en cuatro módulos: Requerimientos, diseño, documentación y evaluación, los cuales que se resumen a continuación: Requerimientos: se establecen y priorizan los requisitos del sistema, además de recolecta y capturar toda la información posible con base en estas especificaciones, haciendo especial énfasis en la calidad de los datos mediante un proceso riguroso de calidad, desde la limpieza manual como automatizada hasta la normalización de las tablas que conforman la base de datos. Diseño: Con los pre-requisitos claros se empieza a conformar el diseño y las estructuras que lo componen, mediante la definición de un diagrama entidad-relación que muestra las herencias entre los diferentes atributos, es aquí donde toda la estructura toma forma y donde se encuentran los errores lógicos que a simple vista son imperceptibles. Documentación y Evaluación: una vez aprobado el prototipo de diseño, se documenta y se ponen a prueba con la finalidad de resolver errores que se hayan pasado por alto. Desde el punto de vista metodológico una de las mayores ventajas de este enfoque es la multidimensionalidad utilizada en la disposición espacial de los fenómenos no solo vista desde la disponibilidad absoluta y la ubicación del recurso como la gran mayoría de los sistemas convencionales lo hacen, sino desde la visibilización de los problemas y condiciones a las que se deben de enfrentar los habitantes para tener acceso al agua. Esto mediante el uso de índices aplicados en una base hexagonal que permiten regionalizar los eventos estudiados para ver su comportamiento. Las zonas periurbanas son un claro ejemplo de lo que se menciona ya que son fuentes del recurso, pero paradójicamente, en la mayoría de los casos son las que carecen del mismo.

SE07-8

TALLER DE CIENCIAS DE LA TIERRA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

Campos Romero Damaris Saray¹, Flores Ramos Graciela Rosario²,

Hernández Bello María Guadalupe³ y Lopera Gasca Ana Cecilia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

damarisaraycr@ciencias.unam.mx

En México, se estima que el 6.4% de la población tiene al menos una discapacidad, siendo la auditiva una de las que presentaron los porcentajes más altos. Ante la necesidad de incluir a personas con discapacidad auditiva en programas como el Terramóvil del Instituto de Geología de la UNAM se busca generar un taller de sismos para estas personas, ya que es uno de los peligros a los que somos más vulnerables en la Cuenca de México. La metodología utilizada fue como primer punto sensibilizar a los integrantes del Terramóvil a través de clases de Lengua de Señas Mexicana (LSM) e introduciéndolos a la cultura sorda, con apoyo del Centro de Atención para Estudiantes con Discapacidad (CAED). Posteriormente se realizó una entrevista a personas con discapacidad auditiva para conocer su percepción acerca de los sismos y su interés por conocer del tema. Se llevó a cabo un taller sobre las Capas de la Tierra y Placas Tectónicas, como preámbulo al taller de sismos, utilizando materiales didácticos específicos y las señas adecuadas para poder explicar cómo está compuesta la Tierra y qué son las Placas Tectónicas el cual constituye un conocimiento básico para la comprensión de los sismos. Y por último, se evaluó la actividad con una entrevista después el taller. Entre los

resultados más significativos, observamos que las señas y los materiales utilizados nos permitieron explicar de manera adecuada y sencilla los conceptos abordados en el taller, además de hacerlo más atractivo e interactivo para los participantes. Al comunicarnos con LSM, pudimos observar que generamos confianza debido a que los participantes interactúan de manera activa en el taller. Además, mencionaron su interés en conocer más temas de Ciencias de la Tierra. El limitado vocabulario científico en LSM y el manejo básico en éste dificultan la adaptación de talleres de Ciencias de la Tierra a personas con discapacidad auditiva, sin embargo, es necesario generar más materiales de divulgación para esta población y así lograr que las Ciencias de la Tierra estén al alcance de todos.

SE07-9 CARTEL

EL COMPLEJO VOLCÁNICO EL CIMATARIO-LOS TRES: PARQUE NACIONAL Y SITIO DEL PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO "TRIÁNGULO SAGRADO", QUERÉTARO, MÉXICO

Aguirre Díaz Gerardo de Jesús¹, González Preciado Delia Isabel², Del Castillo Correa María Ivonne³, López Martínez Margarita⁴ y Vázquez Alarcón Geraldine Verónica⁵

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Carrera de Geociencias, ENES-UNAM, Unidad Morelia, Michoacán, México

³Parque Nacional El Cimatario, Departamento Forestal, SEDEA, Querétaro, Qro., México

⁴División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, Baja California, México

⁵Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM
ger@geociencias.unam.mx

El Parque Nacional El Cimatario (PANEC) es una zona de reserva natural protegida, justo al sur de la Ciudad de Querétaro, Qro. El Cimatario fue declarado parque nacional en 1982 y cubre un área de 2447 hectáreas. El PANEC es desde 2019 parte del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado, formando uno de los sitios emblemáticos de este geoparque. Además de ser una zona de reserva natural protegida, el PANEC tiene historia, biodiversidad, geodiversidad, geoconservación, geoturismo y es ejemplo de educación ambiental y desarrollo sustentable, que son temas fundamentales para un geoparque UNESCO. El patrimonio geológico del PANEC consta de un volcán tipo escudo que constituye la mayor parte del parque, y un domo alto de lava en su porción sur. El volcán El Cimatario es de tamaño modesto, con una elevación máxima de 2380 msnm, y símbolo de la Ciudad de Querétaro. Se formó por la acumulación de derrames de lavas gris oscuro con aspecto de basalto, pero que en realidad son andesitas básicas, delgadas, pero con amplia distribución llegando hasta 17 km del conducto, indicando que fueron lavas muy fluidas. Las lavas están intercaladas con depósitos de cenizas y lapilli de escoria, así como de flujos piroclásticos café. El derrame de lava más joven tiene una edad de 5.6 Ma. El Pico Los Tres constituye la parte sur del PANEC; es de tipo alto, con una elevación de 2400 msnm y pendientes fuertes. Está compuesto de lava gris, dacítica, lajeada, con foliación de domo, que, a diferencia del Cimatario, fueron lavas sumamente viscosas y no fluyeron lejos del conducto. No se conoce su edad, pero por correlación estratigráfica y similitud con rocas cercanas fechadas, es probablemente de 6.6 Ma. Fallas normales NNW y ENE desplazan a los flancos del volcán y al domo por su parte central. Se elaboró el tríptico geoturístico para el PANEC, como parte del proyecto de geoparque mencionado, con fines informativos y educativos, diseñado con un lenguaje sencillo para todo público sobre el patrimonio geológico, biodiversidad e historia del sitio. El tríptico incluye un mapa con rutas de senderismo y relieve, y un mapa geológico con explicaciones sobre el origen y evolución del complejo volcánico, documentándolo con fotografías de flora, fauna y geología. Podrá ser descargado de los sitios WEB del proyecto de geoparque, PANEC, y Secretaría de Turismo del Estado de Querétaro. Eventualmente, será impreso para su distribución en el acceso al PANEC. Financiado por PAPIME PE103820.

SE07-10 CARTEL

EL TRIANGULO SAGRADO DE QUERÉTARO: PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL PROYECTO A GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO

Vázquez Alarcón Geraldine Verónica¹ y Aguirre Díaz Gerardo de Jesús²

¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
geraldinevazal@ciencias.unam.mx

El patrimonio geológico se entiende como aquellos elementos de origen geológico a los que nosotros como sociedad le damos un valor y por lo tanto queremos conservar. Es el conjunto de lugares y/o elementos geológicos, de un área, región, país o supranacional, que presentan valor científico, educativo y/o turístico y que es necesario preservar y transmitir a las futuras generaciones. El estudio y determinación del patrimonio geológico de una región es una disciplina relativamente nueva y con un enfoque distinto al extractivista y de riesgo geológico que predominaba en el estudio de la geología de un sitio. Esto involucra muchos factores como son acciones, técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación (incluyendo la rehabilitación) y gestión sostenible del patrimonio geológico, basado en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y el riesgo de degradación. El Triángulo Sagrado se ubica en parte centro-sur del Estado de Querétaro, y conforma el Valle Sagrado de las culturas Otomí-Chichimeca que tiene como

vértices a la Peña de Bernal por el sur, al volcán El Zamorano por el poniente, y al Cerro El Frontón por el oriente. Se encuentra entre 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 (faja volcánica del Neógeno-Cuaternario). Entre los geositos se incluyen a: El Cerro El Frontón, que contiene a las rocas más antiguas del geoparque del Triásico (240 Ma), y está coronado por un domo dacítico del Mioceno; el volcán El Zamorano de 11-12 Ma, la montaña más elevada del estado, y la Peña de Bernal que es el vértice más popular con mediciones de Aguirre-Díaz et al. (2013 Geosphere) resulta ser probablemente el monolito más alto del mundo (433 m), y es definido como un domo dacítico tipo espina de 8.7 Ma. Considerado como Monumento Natural del Estado de Querétaro y patrimonio inmaterial UNESCO desde el 2009 por la relevancia cultural y de tradiciones de las culturas indígenas en Querétaro. Estos sitios representan piezas claves del patrimonio 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 lo que nos presenta 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 PE103820. Beca Asistente SNI3 a GVVA..

Sesión especial

**TELEDETECCIÓN EN LAS
GEOCIENCIAS - INVESTIGACIÓN
SUSTENTADA POR TECNOLOGÍAS
DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA**

Organizadores:

Guillermo Díaz Méndez
Armando Trasviña Castro
Alejandro Souza Gómez

SE08-1 PLÁTICA INVITADA

MARINE RADAR REMOTE SENSING OF SUB-MESOSCALE OCEAN FRONTS FROM A MOBILE TOWER

Haller Merrick, O'Dea Annika y Simpson Alexandra
Oregon State University
merrick.haller@oregonstate.edu

In the past decade, the use of marine radars for oceanographic observing has advanced considerably. Herein, we describe the design and operation of a real-time marine radar observing system operating from shore-based towers. Novel aspects include a solar powered, mobile, telescoping 100-ft tower for improved imaging range via enhanced signal-to-noise ratio, as well as real-time data products available via mobile device. The mobile radar system has been successfully deployed at multiple recent major field experiments where radar observations were used in real time to identify and track features of interest and to guide ship-based sampling. We present some data examples that show nearshore & estuarine dynamical features and some poorly understood phenomena in greater detail than can be achieved by in situ sampling. In addition, we will describe the relationship between sea surface roughness changes induced by rip currents and nearshore eddies. Roughness changes are quantified using the current-induced change in the mean square slope of the water surface. Changes in the mean squared slope are calculated using a relaxation approach to the wave action balance equation that combines an equilibrium wave action spectrum with a wave action perturbation due to simulated nearshore current fields. Through a model-data comparison conducted using the Regional Ocean Modeling System at a well-studied field site in Duck, NC exhibiting numerous low-tide rip currents, results show that the spatial patterns of the mean squared slope closely correspond to the signature of the rip current observed in the radar backscatter intensity images.

SE08-2

OBSERVACIÓN DE OLEAJE CON IMÁGENES SATELITALES ÓPTICAS DE ALTA RESOLUCIÓN

Rasclé Nicolas G., Díaz Méndez Guillermo, Esquivel Trava Bernardo, Ocampo Torres Francisco J. y Osuna Cañedo Pedro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
nrasclé@cicese.mx

Hoy en día, están disponibles imágenes satelitales de sensores ópticos con resolución del orden de 10 metros. Esta resolución permite resolver de manera individual la mayor parte (en términos de contenido energético) de las olas del océano. En ese trabajo ilustramos con imágenes del satélite Sentinel-2 unos usos que se pueden hacer de esas observaciones para el estudio del oleaje. Bajo ciertas condiciones geométricas de observación, dentro del reflejo del sol, se puede calcular a partir del espectro de brillo de la imagen el espectro direccional de elevación del oleaje. Un rango estrecho de dirección de propagación del oleaje no se puede resolver con una sola imagen, lo que se traduce por la presencia de una singularidad en la función de transferencia. Comentamos casos de estudios alrededor de la Isla Todos Santos (Baja California) con comparaciones con boyas oceanográficas instrumentadas (boyas ASIS BOMM del proyecto CIGoM), ADCP anclados en el fondo (Aquadop del proyecto CEMIE-Oceano) e imágenes de Radar de Apertura Sintética (del satélite Sentinel-1). Concluimos que la larga cobertura espacial de las imágenes ópticas y la confiabilidad de su inversión en elevación del oleaje llevan nuevas perspectivas por el estudio del oleaje.

SE08-3

WAVE OBSERVATIONS AT TODOS SANTOS BAY, MEXICO, USING A LAND-BASED MARINE RADAR

Díaz Méndez Guillermo¹, Esquivel Trava Bernardo¹, Ocampo Torres Francisco J.¹, Pittman Randall W.² y Haller Merrick²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
²College of Civil and Construction Engineering, Oregon State University
gdiaz@cicese.mx

In 2019, a land-based marine radar station was deployed at CICESE to monitor ocean wave conditions at Todos Santos bay, Mexico. Integrated mostly by off-the-shelf components, the station consists of a Furuno FAR-2827 radar with a 2.5-m long and HH-polarized X-band antenna, a Cambridge Pixel HPX-400e digital acquisition card and a Linux-based PC, plus a non-commercial video-capture software developed at Oregon State University, USA. The station is located about 600 m inland, at an elevation of 110 m. Following a several-month testing period, operations began by late September with the objective of assessing the ability of a single radar station to evaluate the evolution of the wave field inside the bay. In this talk, we present some preliminary results from the analysis of radar image sequences. Integral parameters derived from 2D wavenumber spectra $S(k_x, k_y)$ and 1D frequency spectra $S(f)$ computed from radar data are shown to be in agreement with observations registered by bottom-mounted wave gauges located within the radar footprint. Preliminary analysis of the radar's ability to detect wave crests in the bay indicates that wind conditions more than wave slope have a larger impact, considering the mild sea-state conditions encountered during this study. This is

opposite to the case of wave imaging by space-borne synthetic aperture radar where stronger winds tend to limit the radar's ability to image waves. Finally, we show promising results of using the radar's signal-to-noise ratio (SNR) as a proxy for wave height. This is a work in progress.

SE08-4

ESTIMACIÓN DEL PATRÓN DE RADIACIÓN DE UN RADIO ESCATERÓMETRO DE ALTA FRECUENCIA UTILIZANDO UN ARREGLO TÍPICO DE ANTENAS DE TRASMISIÓN

Quintero Alexis D.¹, Toro Vladimir G.¹, Gaviria Natalia¹ y Rodríguez Isaac²
¹Universidad de Antioquia, UdeA
²Universidad de Bordeaux
alexis.quintero@udea.edu.co

Los radio espectrómetros de alta frecuencia (High Frequency Radar o HFR por sus siglas en inglés), son una alternativa tecnológica usada para monitorear variables oceanográficas de manera remota y no intrusiva, sin necesidad del uso de equipos in situ en el área de medición. Con esta tecnología, es posible obtener campos de dirección del viento, de corrientes y, en algunas configuraciones, información sobre los parámetros integrales del oleaje. Si bien existen fabricantes comerciales de este tipo de equipos, se ha despertado un gran interés desde la comunidad académica por desarrollar una tecnología que mejore la calidad de la información sensada. Los estudios realizados hasta el momento han encontrado ocasionalmente en sus mediciones espectrales, componentes energéticas asociadas al acoplamiento indeseado de antenas (direct path). Una de las causas de este fenómeno se relaciona con los objetos o estructuras adyacentes a los arreglos de antenas en transmisión. Con el fin de entender el comportamiento del patrón de radiación, en este trabajo se propone el uso del software 4Nec2 con el fin de simular un arreglo típico de antenas de HFR en configuración wide angle y bajo condiciones de propagación ideales. Partiendo de una frecuencia central $f = 8,25$ MHz, una potencia de transmisión de 1 Watt y un desfase entre antenas de $\# = 45^\circ$ (configuración wide angle), se encontró que la instalación de las antenas deberá estar libre de estructuras adyacentes en un radio de $R_{45} = 1,97$ metros, para evitar el direct path. Con el objeto de validar dicho análisis, se propone en el corto plazo, realizar mediciones mediante un analizador de espectros in situ del escenario simulado, que permita validar para intensidades bajas de radiación, los patrones simulados y la estimación del radio que deberá estar libre de estructuras.

SE08-5

EVALUACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE HIDROCARBUROS EN LA SUPERFICIE MARINA POR DERRAMES Y POR EMISIONES NATURALES EN LA SONDA DE CAMPECHE

Uribe-Martínez Abigail¹, Cruz-Pech Johnny¹, Velasco Juan², Trujillo Córdova Jorge Alfredo¹ y Cuevas Eduardo¹
¹Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR
²NOAA, National Environmental Satellite, Data and Information Service, Satellite Analysis Branch
abigailum@gmail.com

La Sonda de Campeche es el área marina más rica en yacimientos petroleros de México, donde se extrae más del 60% de la producción nacional. Esta condición implica actividades de exploración, extracción, trasiego y transporte de hidrocarburos en una zona bien delimitada donde se encuentra un importante conjunto de infraestructura que sostiene esta actividad. Esta misma zona es reconocida por una importante densidad de puntos activos de emisiones naturales de hidrocarburo. En el 2019 implementamos el monitoreo sistemático de la presencia de hidrocarburos en la superficie marina en la Sonda de Campeche con un fuerte componente de teledetección, con dos objetivos: ofrecer información oportuna para la atención de contingencias ante derrames de Hidrocarburos y conjuntar información base para la estimación de amenazas a la biodiversidad marina y costera de la región. En este trabajo se evaluaron los patrones espaciotemporales de anomalías de retrodispersión posiblemente asociadas a hidrocarburos y otros vertimientos en la Sonda de Campeche. Se descargaron imágenes derivadas de la misión Sentinel-1 para la región comprendida entre los 93°W , 20°N y los 91°W , 18°N del 2 de marzo de 2019 al 21 de junio de 2020. Se realizaron correcciones geométricas y se analizaron las anomalías de retrodispersión para establecer umbrales de aplanamiento de la señal y con ellos generar polígonos vectoriales, aunque se descartaron las anomalías asociadas a fenómenos atmosféricos (lluvia o viento). Con la incorporación de ubicaciones de fuentes de emisión natural y presencia de instalaciones petroleras, las anomalías detectadas como posibles vertimientos de hidrocarburos se clasificaron en 1) naturales, 2) antropogénicos y 3) origen indeterminado y se generaron estadísticas de recurrencia, tamaño y temporalidad. En total se procesaron 103 imágenes, en las que en 78 se observó al menos una anomalía de retrodispersión y sólo en 55 se pudieron determinar posibles vertimientos. De estos, la mitad fueron clasificados como posibles vertimientos de hidrocarburos de origen natural, el 24% como de origen antropogénico, 25% como de origen indeterminado, aunque en varias imágenes se encontró evidencia de vertimientos naturales y antropogénicos. Los posibles vertimientos de origen indeterminado fueron los que cubrieron mayores áreas (Media = 13 km², máximo = 60 km²), seguidos de los de origen antropogénico (Media = 11.5 km², máximo = 45 km²) y finalmente los de origen natural (Media = 16 km², máximo = 30 km²).

La región con más incidencia de eventos se ubica a 85 km al norte de Atasta, Campeche, con una extensión aproximada de 200 km². Destacan por su extensión y relevancia un vertimiento en Cayo Arcas el 7 de octubre de 2019 por ser el más grande de origen antrópico, seguido de dos vertimientos de origen indeterminado en enero y abril del 2020. Este programa de monitoreo por teledetección contribuye con información estratégica tanto para la gestión, manejo y planeación ante derrames accidentales de hidrocarburo, como para el estudio de interacciones ecológicas con grandes vertebrados marinos, así como las implicaciones en los ensambles y procesos biogeoquímicos bentónicos en la zona de influencia de los puntos de emisión natural de hidrocarburo.

SE08-6

DETECCIÓN Y MONITOREO DE SARGAZO EN EL MAR CARIBE UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

Echevarría Rubio José Manuel¹, Martínez Flores Guillermo¹ y Morales-Pérez Rubén²¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
jechevarriar2000@alumno.ipn.mx

En la última década el Mar Caribe ha experimentado eventos recurrentes de arribo de sargazo pelágico a sus costas, impactando negativamente los ecosistemas costeros y la economía de la región. Este comportamiento sin precedentes hace necesario realizar un estudio con el objetivo de detectar su localización y realizar un seguimiento periódico de su trayectoria mediante el uso de sensores remotos. El análisis espectral de la reflectancia superficial constituye el método fundamental para el estudio de los componentes suspendidos o disueltos en aguas oceánicas. El uso de los datos provistos por el sensor MODIS, por su cobertura global y libre acceso, representa el punto de partida para desarrollar un método de teledetección de sargazo. Sin embargo, la detección precisa mediante el uso de sensores remotos, aún enfrenta retos debido a la resolución de las imágenes, cobertura de nubes y limitaciones de los algoritmos. Para realizar el monitoreo a gran escala en los océanos se requiere que el algoritmo sea estable ante cambios ambientales y condiciones de visibilidad. El objetivo de este trabajo es automatizar la detección de sargazo utilizando redes neuronales convolucionales y software de código abierto. Se determina su cobertura y distribución, creando una base de datos con los registros históricos de su ubicación espacio-temporal. Se utilizó el producto MODIS MYD09A1, que proporciona una estimación de la reflectancia espectral en 7 bandas, de las cuales se utilizaron: 459 - 479 nm (azul), 545 - 565 nm (verde), 620 - 670 nm (rojo), 841 - 876 nm (NIR) y 1628 - 1652 nm (SWIR), con resolución espacial de 500 m. En cada uno de los 11 cuadrantes que se requieren para cubrir el Mar Caribe, se procesaron 46 imágenes por año (de julio de 2002 a julio de 2020), obteniendo resultados con una resolución temporal de 8 días. El 70% de las imágenes procesadas fue usado para el entrenamiento de la red neuronal y el 30% restante en la validación de la efectividad del algoritmo. Finalmente, los datos obtenidos se incorporaron al modelo HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) para establecer el pronóstico de su trayectoria en el Mar Caribe y arribo a la zona costera de la península de Yucatán. La información generada por esta aplicación contribuirá a mejorar la toma de decisiones y es la base para la implementación de un sistema de alerta temprana que permita ayudar a mitigar el impacto del arribo masivo de sargazo en la zona costera.

SE08-7

TELEDETECCIÓN COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE ECOSISTEMAS DE CARBONO AZUL: FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE PASTOS MARINOS Y SU RELACIÓN CON LOS ALMACENES DE CARBONO, EN EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Herrera-Silveyra Jorge¹, Palafox Juárez Betzabeth² y Mendoza Martínez Juan Enrique¹¹Cinvestav-Mérida²ECOSUR-Chetumal

jorge.herrera@cinvestav.mx

Las praderas de pastos marinos se consideran el ecosistema costero que más contribuye al almacén de carbono en relación con su área global, por lo que forman parte de la iniciativa internacional "Carbono Azul", centrada en la mitigación y adaptación al cambio climático. Los procesos funcionales de los pastos marinos dependen de su conectividad y de la interrelación entre hábitats vecinos; variables estrechamente relacionadas con su configuración espacial, la cual sólo puede comprenderse desde el análisis a gran escala, posible mediante el uso de sensores remotos y teledetección. En este trabajo se evaluó la influencia de la fragmentación de las praderas de pastos en su capacidad para almacenar carbono en cinco lagunas arrecifales del norte del Sistema Arrecifal Veracruzano. Para caracterizar el paisaje se aplicaron técnicas de percepción remota, usando imágenes Word-View2 y datos de campo. Para la estimación del carbono se tomaron muestras de sedimento y biomasa. Se identificaron tres tipos de paisaje distribuido en las cinco lagunas. Mediante análisis espacial apoyado en ecología del paisaje se evaluó la magnitud de fragmentación de las praderas, y la variación del almacén de carbono. Los resultados muestran que las praderas de pastos marinos con más influencia antropogénica presentan una configuración homogénea, alto grado de fragmentación y un menor

almacén de carbono, con respecto a aquellos sistemas que cuentan con acciones de protección, donde se observó un paisaje heterogéneo, con mayor conectividad y almacenes de carbono más altos. Los resultados obtenidos muestran paisajes de pastos homogéneos con fragmentación de moderada a alta, y una clara tendencia de mayor retención de carbono conforme la fragmentación en el paisaje sea menor ($R^2 = 0.74$). La condición de las praderas y su capacidad de almacén de carbono es un reflejo del efecto de las actividades humanas y factores naturales.

SE08-8 PLÁTICA INVITADA

ON MEASURING SEA LEVEL IN THE COASTAL ZONE USING SATELLITE RADAR ALTIMETRY: STATUS AND PROSPECTS

Vignudelli Stefano
Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR-IBF
vignudelli@pi.ibf.cnr.it

Radar altimetry is a remote sensing technique to measure sea level changes from space. It was originally designed to monitor deep oceans, however, it showed the possibility to extend observations to coastal zones. The archive of almost two decades (since 1993) of altimeter data and the seven missions now flying together provide a unique global data set of sea level observations. It has been used to complement in situ networks and provide measurements where no data exist or are not accessible. However, the retrieval of accurate sea level has been challenging in areas where land and ocean surface inhomogeneity can contaminate the radar signal and complicate the algorithms for their estimation. One of the advantages of satellite radar altimetry is that measurements are collected globally in any weather conditions. The coastal zone is affected by several local ocean processes, all impacting the sea level at different scales. Coastal dynamics has smaller spatial and temporal scales than open ocean and requires a monitoring at finer-scale that is difficult to satisfy with only sparse tide gauges. In recent years, adapted reprocessing of the data using new dedicated algorithms (e.g., re-tracking) and improved methods of correction and editing made available coastal altimetry data sets. Moreover, new technological solutions promised improved capabilities, with the CryoSat-2/Sentinel-3 A/B missions equipped with an altimeter operating in Synthetic Aperture Radar (SAR) mode and the SARAL mission carrying onboard the first Ka band altimeter (AltiKa) with its smaller radar footprint. All these missions are demonstrating that a finer along-track spatial resolution and a better precision on retrieved sea levels can be achieved. The coming SWOT mission, expected to be launched in 2021, will provide for the first time global imagery of sea levels. A review of recent advances in developing an exploiting altimetry for measuring sea level in the coastal zone is provided, with an overview of the various experimental coastal altimetry products now available and validated in some regions, thus being used in research studies. The quality of these products is constantly improved. Examples of applications emerge through a synergy with in-situ observations, other satellite data sources and modelling in understanding and forecasting of important environmental events. A catalogue of champion case-studies will be showed. Reference: Vignudelli, S., Birol, F., Benveniste, J., Fu, L.L., Picot, N., Raynal, M., Roinard, H., Satellite Altimetry Measurements of Sea Level in the Coastal Zone, Surveys in Geophysics, , 40, 1319-1349, doi:10.1007/s10712-019-09569-1, 2019.

SE08-9

MAPAS DE ANOMALÍAS DE NIVEL DEL MAR DE MAYOR RESOLUCIÓN EN LA ENTRADA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Valle Rodríguez Jonathan Bruno¹ y Trasviña Castro Armando²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz
jvalle@cicese.edu.mx

En este estudio se muestran los resultados de los mapas de Anomalías de Nivel del Mar (SLA) en la entrada del Golfo de California construidos a partir de las anomalías de mayor resolución (1Hz y 20 Hz) a lo largo del track de las misiones altimétricas Jason 1-2, Envisat, Geosat Follow On, CryoSat-2 y Saral. Las anomalías de mayor resolución son obtenidas del retracker ALES y del producto X-TRACK para los datos de 20 Hz y 1Hz respectivamente. Adicionalmente, las correcciones de mareas fueron realizadas usando el modelo global TPXO9 y aplicado a todas las misiones satelitales. Los mapas obtenidos son semanales y abarcan el periodo de enero de 2002 a diciembre de 2016. Finalmente, estas son comparadas con las anomalías obtenidas del modelo ROMS y con los promedios semanales de SLA distribuidos por Copernicus Marine Service (CMEMS).

SE08-10

THE WARM EPISODE OF 2014-2016 IN THE ENTRANCE TO THE GULF OF CALIFORNIA, FROM REMOTE SENSING

Trasviña Castro Armando¹ y Torres Hernández María Yesenia²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Unidad La Paz²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
trasvi@cicese.mx

The region of the entrance to the Gulf of California experienced a warming episode from 2014 to 2016. We describe this phenomenon using remote sensing data from different sources. The regional response starts with local warming, quickly followed by the arrival of the warm event of the NE Pacific (The Blob). Later, the warming trend continues due to the 2015 ENSO event. Estimates of chlorophyll from satellite measurements reveal drastic consequences of these remote events in the oceanic region. The entrance to the gulf experienced three consecutive years of low productivity. The dynamics and productivity of the coastal zone change due to local phenomena (coastal circulation, local winds, tidal forcing, upwelling) and therefore the response can differ. In this work we compare the coastal and oceanic domains of the entrance to the Gulf of California, during the warming event of 2014-2016.

SE08-11

CIRCULACIÓN CICLÓNICA EN LA ZONA NORTE DE LA BAHÍA LA PAZ, BCS

Torres Hernández María Yesenia¹, Trasviña Castro Armando²,
Rosales Villa Alida Rosina¹ y Aguirre Bahena Fernando¹¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN²CICESE Unidad La Paz
mtorresh1800@alumno.ipn.mx

En la temporada de verano-otoño para la Bahía de La Paz diversos autores reportan una circulación ciclónica sobre la Cuenca Alfonso, su zona más profunda (>350 m). En este trabajo se presenta la descripción de dos eventos registrados en junio-julio y agosto-septiembre de 2004. La circulación es conocida de los datos de dos flotadores lagrangianos del proyecto NAME (North American Monsoon Experiment). A esta descripción incorporamos datos de sensores remotos de Temperatura Superficial del Mar y Clorofila-a (<http://marine.copernicus.eu>), re-análisis de vientos superficiales de ECMWF (<https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis>), mediciones satelitales de anomalías del nivel del mar (<https://podaac.jpl.nasa.gov>), resultados del modelo NEMO-ORCA (National Oceanography Center, Reino Unido, <http://gws-access.jasmin.ac.uk/public/nemo/>) y datos del mareógrafo del Puerto de Pichilingue (Secretaría de Marina, México). Discutiremos las propiedades dinámicas de las estructuras y justificaremos su clasificación como fenómenos de submesoescala. Los fenómenos de submesoescala han sido poco estudiados en una zona costera como es la Bahía de La Paz y creemos que su existencia tiene una influencia significativa en la productividad de la bahía.

SE08-12

EFFECTO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE NAYARIT SOBRE LA DINÁMICA COSTERA SUPERFICIAL

Cepeda Morales Jushiro¹, Soto-Mardones Luis²,
González-Ramírez Javier¹ y Parés-Sierra Alejandro³¹Universidad Autónoma de Nayarit, UAN²Universidad del Bio Bio, Chile³CICESE

jushirocm@gmail.com

La plataforma continental frente a Nayarit se ubica en el límite norte del Pacífico Oriental tropical, donde convergen condiciones hidrográficas remotas, conformando un área de importantes variaciones de las condiciones oceanográficas. Basados en datos de sensores remotos satelitales de las principales variables oceanográficas desde 2003 a 2019: temperatura superficial del mar de alta resolución L4 (GHRSSST), altura del nivel del mar y circulación geostrofica global L4, y se calculó el esfuerzo del viento en base a los datos de viento provenientes del proyecto Cross-Calibrated Multi-Platform (CCMP). Se analizó la contribución del ciclo estacional a la variabilidad del área de estudio por medio de ajustes armónicos y funciones empíricas ortogonales. La variabilidad estacional de SST sobre la plataforma continental (primeros 20 km) frente a Bahía Matanchén presentó un desfase respecto al comportamiento oceánico, evidenciando la retención de calor en la zona. Este comportamiento fue relacionado con los marcados patrones estacionales de la circulación geostrofica y el esfuerzo del viento, ambas variables presentaron disturbios en el comportamiento espacial del ciclo estacional frente a Bahía Matanchén. Estos resultados preliminares apuntan al efecto de la línea de costa y a la extensa plataforma continental que en su conjunto generan una respuesta local con importante influencia en el comportamiento del ciclo estacional de las condiciones oceanográficas en la región.

SE08-13

IMPACTO DE "THE WARM BLOB" DE 2013-2016 SOBRE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN EXPORTADA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Aguirre Bahena Fernando¹, González Rodríguez Eduardo², Torres
Hernández María Yesenia¹, Lara-Lara Rubén², Cervantes Duarte
Rafael¹, Ramos Rodríguez José Alejandro³ y Funes-Rodríguez René¹¹CICIMAR²CICESE³UABCS

faguirre@ipn.mx

El Golfo de California (GC) ha sido considerado como un mar productivo y biodiverso. Los procesos que generan altas tasas de Productividad Primaria (PP) son: las surgencias costeras -principalmente en la costa oriental del GC- y la mezcla vertical causada por la marea y el cambio abrupto en la batimetría que existe en la zona del Canal de Ballenas. Sin embargo, varios estudios han demostrado la susceptibilidad de este ecosistema ante eventos como El Niño y más recientemente el efecto, sin precedente, de un evento conocido como "The Warm Blob" que inició en el Pacífico Norte a finales de 2013 y se propagó hacia el sur alcanzando el GC en 2014 con anomalías mensuales positivas de hasta 2°C. El objetivo de este trabajo fue evaluar su efecto sobre la PP y la eficiencia de la Producción Exportada (EPE) en las diferentes regiones del GC. Para esto, se procesaron 211 imágenes mensuales (9x9km) de PP Neta (2002-2020). Se utilizaron 3104 píxeles considerando como límite sur la línea entre Cabo Corrientes y Los Cabos. Para determinar dónde y cuál fue el nivel de afectación, el GC se dividió en tres regiones considerando como PPN baja (<0.7 gCm⁻²d⁻¹) y alta (>1.5 gCm⁻²d⁻¹) el primer y último cuantil, respectivamente. El resto del GC se consideró como moderadamente productivo. Por otra parte, para conocer la eficiencia de la PE (fCorg/PPN) se modelaron los flujos mensuales de carbono orgánico (fCorg) usando el Modelo NEMO para los años disponibles (2013-2015). La PPN promedio, para todo el GC, fue de 108.4 Tg C año⁻¹ (±13.5 Tg) y las regiones con alta, moderada y baja productividad contribuyeron con 45.5, 34.7 y 28.1 Tg C año⁻¹, respectivamente. Los resultados indicaron que la PPN en el GC presenta una tendencia negativa desde 2013. De hecho, el cambio más drástico (-23%) de la PPN en un año con respecto al anterior ocurrió en 2013. Sin embargo, el decremento se acentuó entre 2014 y 2016 cuando se dejaron de fijar hasta 22.2 Tg C año⁻¹. Este periodo coincide con el arribo de "The Warm Blob" referido. En contraste, 2011 fue el año más productivo (136 Tg C año⁻¹) cuando la PPN aumentó casi 27% respecto al año previo. En ambos casos el porcentaje de cambio fue idéntico en todo el GC. Los de fCorg, para el GC, mostraron un decremento (~50%) en 2014 y 2015 respecto al año previo: de 0.4 a 0.2 Tg C año⁻¹ que equivale a una EPE promedio de 0.003 y hace del GC un régimen con una extremada baja eficiencia de la bomba biológica. La ocurrencia de los eventos mencionados -se reporta el regreso de "The Warm Blob"-, hace necesario mantener los observatorios existentes e instalar nuevos en sitios estratégicos. Adicionalmente, es importante monitorear mediante percepción remota, estas variables claves, de tal manera que sea posible documentar los cambios en el ciclo marino del carbono.

SE08-14

VARIACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y SU RELACIÓN CON LAS MASAS DE AGUA PRESENTES EN LA BAHÍA DE LA PAZ, MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS DE SENSORES REMOTOS

González Rodríguez Eduardo¹, Cervantes Duarte Rafael², Aguirre Bahena Fernando², Funes-
Rodríguez René², Torres Hernández María Yesenia² y Ramos Rodríguez José Alejandro³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada²CICIMAR-IPN³UABCS

egonzalez@cicese.mx

En la actualidad la generación de información sobre la productividad primaria (PP) y algunos productos asociados a ésta a partir de los sensores remotos del color del océano, tanto de zonas costeras como oceánicas, es cada vez más común en las ciencias marinas. Esto ha ayudado a explicar las variaciones en la productividad del océano en diferentes escalas espacio temporales. El propósito de este trabajo es analizar la variación temporal de la PP y determinar que variables modulan mayormente los cambios observados en Bahía de La Paz (BLap). Además de la PP se obtuvieron datos satelitales de temperatura superficial (SST), clorofila-a (CHLO), radiación fotosintéticamente disponible (PAR), stress de viento (WSC), salinidad superficial del mar (SSS) y densidad (DEN). La información descargada corresponde al periodo de julio de 2002 a enero de 2020 (211 meses). Los datos satelitales fueron sometidos a análisis de series de tiempo, cálculo de anomalías y pruebas de correlación para establecer relaciones empíricas. Adicionalmente, mediante datos oceanográficos in situ, se determinaron las masas de agua presentes en la zona para cada época del año. El análisis de series de tiempo indicó que la PP presentó 3 periodos con mayor significancia estadística. Estos fueron 12, 6 y 56 meses, que corresponden al ciclo anual, semianual e interanual, respectivamente. Las climatologías mensuales indican valores de PP de: 1819, 1810, 1575, 1321, 1359, 1596, 1021, 624, 545, 449, 693, 1309 mgCm²d⁻¹ para los meses de enero a diciembre respectivamente. El promedio a lo largo del periodo fue de 1168 mgCm²d⁻¹, el máximo y el mínimo de 4300 y 355 mgCm²d⁻¹ se presentaron

en enero de 2008 y agosto de 2014 respectivamente. Las anomalías indican periodos positivos PP a lo largo del tiempo, el más productivo entre 2006-2008 con aumentos de hasta 2500 mgCm²d⁻¹. El periodo anómalo negativo más importante se extiende de 2013-2016 con caídas de PP de hasta 500 mgCm²d⁻¹. La varianza explicada de la PP a partir de las variables medidas fueron respectivamente, CHLO (0.92) > SST (-0.8) > DEN (0.73) > SSS (-0.38) > WSC (-0.22) > PAR (-0.04). Los datos in situ indican que el agua del Golfo de California (GCW) y el Agua Subsuperficial Subtropical (SsStW) estuvieron presentes a lo largo del año en proporciones variables en la bahía, no obstante la mayor PP se observó cuando la SsStW se ubica a menores profundidades y mediante procesos de divergencia y mezcla en la columna de agua lleva nutrientes a la zona eufótica. La comparación de las climatologías in situ versus las satelitales en la BLap, mostraron un alto grado de concomitancia, indicando la complementariedad de ambas prácticas.

SE08-15

APPLICATION OF VEGETATION INDEX ON THE ASSESSMENT OF TROPICAL CYCLONE IMPACT OVER THE YUCATAN AND BAJA CALIFORNIA PENINSULAS, MEXICO

Cortés Ramos Jorge y Farfán Molina Luis Manuel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Unidad La Paz
jorgec@ciasese.mx

In this study, we examine the functionality and use of remote sensing tools as a simple technique on the rapid assessment of damage associated with tropical cyclone landfall across the Yucatan and Baja California peninsulas. Based on different vegetation index such as normalized, enhanced, photosynthetic, and non-photosynthetic vegetation, we analyze that the availability, long temporality, and spatial cover of Landsat and MODIS satellite imagery are useful to determine the impacts on the vegetated areas. Changes in non-photosynthetic areas were compatible with negative changes in the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) after tropical cyclone passage. The evidence from six landfall events from 2005, 2007, 2014 and 2017 as four major hurricanes (Emily, Wilma, Dean, and Odile) and two tropical storms (Stan and Lidia) that brought mortality of vegetation, strong winds, heavy precipitation, and different influence areas. Multispectral routines and image processing software, as well as, open source geographic information systems were applied to find that Wilma (Quintana Roo) caused more damage to the tropical vegetation followed by Dean (Quintana Roo, Campeche, Yucatán) and Odile (Baja California Sur).

SE08-16

ANÁLISIS DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES E INFRARROJAS ADQUIRIDAS CON VANT PARA EL MONITOREO DEL RIEGO EN GARBANZO (CICER ARIETINUM L.)

Osuna Amador J. Denis¹, Trasviña Castro Armando², Méndez Alonzo Rodrigo¹, Saldívar-Lucio Romeo², Hernández Martínez Rufina¹ y Moore Georgianne W.³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Unidad La Paz³Departamento de Ciencias y Manejo de Ecosistemas, Texas A&M University
osunajd@ciasese.edu.mx

La agricultura de precisión, utilizando vehículos aéreos no tripulados (VANT) equipados con cámaras multiespectrales e infrarrojas, permite captar imágenes con las que se pueden realizar caracterizaciones precisas de la heterogeneidad ambiental al interior de cultivos, aspecto útil para optimizar la producción agrícola e incrementar la eficiencia en el uso del agua de riego y otros insumos. El uso de VANT con las cámaras mencionadas, eficiente el uso del agua a través del monitoreo del cultivo empleando índices de vegetación ligados al vigor de la planta y al nivel adecuado de irrigación del cultivo. Derivado de la carencia de información regional relacionada a la utilización de esta tecnología, el objetivo del presente trabajo fue evaluar su uso en el monitoreo del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) sometido a diferentes niveles de irrigación deficitaria. La evaluación se desarrolló en el Campo Experimental Todos Santos del INIFAP utilizando una parcela de garbanzo de 564 m² establecida en diciembre de 2019, empleando un diseño de bloques completamente al azar con ocho tratamientos (ETc100ciclo= riego equivalente al 100 % evapotranspiración a lo largo del ciclo del cultivo, ETc75ciclo= riego equivalente al 75% de la evapotranspiración a lo largo del ciclo del cultivo, ETc50veg y ETc75veg riegos equivalentes a una aplicación limitada en un 50 y 25 %, respectivamente, del requerimiento de evapotranspiración del cultivo en etapa vegetativa, ETc50flor y ETc75flor= riegos equivalentes a una aplicación limitada en un 50 y 25 %, respectivamente, del requerimiento de evapotranspiración del cultivo en etapa de floración, y finalmente ETc50grano y ETc75grano= riegos equivalentes a una aplicación limitada en un 50 y 25 %, respectivamente, del requerimiento de evapotranspiración del cultivo en etapa de llenado de grano). Las imágenes infrarrojas y multiespectrales se tomaron a los 63 días de desarrollo del cultivo (final floración) a medio día a una altura de 20 m. Las imágenes multiespectrales se tomaron con una cámara Parrot Sequoia montada en un VANT Mavick Pro DJI y se utilizaron para el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de vegetación de diferencia normalizada a tiempo 2 (NDVI2) y el índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI) mediante programación en el

sistema Python. Las imágenes infrarrojas, se captaron con una cámara Zenmuse XT, FLIR System, INC montada en un VANT Matrice 100 DJI y se procesaron con el software FLIR Tools del fabricante de la cámara. Los resultados de NDVI, NDVI2 y GNDVI mostraron un rango de 0.0 a 0.4 asociado, respectivamente, a plantas con mayor estrés (valores cercanos a cero) y planta medianamente sanas (valores tendientes a 0.4) presentándose mejor condición de plantas en los tratamientos mejor irrigados. La temperatura del dosel de plantas del tratamiento ETc100ciclo (mejor irrigado) presentó un promedio de 26.6 °C, mientras que el resto de los tratamientos (riegos restringidos) presentaron valores de 27.1 a 27.3 °C, es decir 0.5 a 0.75 °C más de temperatura en el dosel. La tecnología se considera relevante, pudiéndose asociar índices de vegetación a variables productivas.

SE08-17

ACCURACY VALIDATION AND VERTICAL CORRECTION OF DIGITAL ELEVATION MODELS: UAV, LIDAR AND SATELITAL DEMS

Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, Yépez Rincón Fabiola D.², Ferriño Fierro Adrián³, Aguilar Treviño Carlos⁴ y Noyola Medrano Cristina⁴¹Laboratorio de Percepción Remota, Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM²Instituto de Ingeniería Civil, UANL³Independiente⁴Instituto de Geología, Facultad de Ingeniería, UASLP
nellyss_21@hotmail.com

El Modelo de Elevación Digital (MDE) equivale a la representación del terreno en un instante determinado y es el insumo principal de modelaciones de impacto geográfico. Los análisis de subsidencia del terreno, inestabilidad de laderas e inundaciones, son las principales ventajas del nuevo geo-procesamiento. En México, existe una entidad gubernamental que se encarga de administrar, gestionar y corregir los Modelos de Elevación digital que son utilizados de manera oficial. Dado que el grado de error que contengan los insumos iniciales en el geoprocesamiento, se traducen en errores no contemplados en el resultado final. En este documento se hace un análisis experimental para determinar la precisión vertical de estos insumos y su comparación con nuevas tecnologías. Con este propósito, se utilizaron 3 LIDAR based DEM y 11 UAV based DEMs. Se realizó un análisis estadístico para determinar la correlación de precisión vertical y ventajas en la temporalidad de los DEMs. Los resultados indican una mala calibración de los modelos originales (LiDAR-INEGI) alcanzando valores de error de hasta 50m con respecto a la red Geodésica Pasiva, y de 10m con respecto al Lidar de 1m (CNA). La calibración de los datos UAV, permite una mejora en la corrección vertical del 93.97% con valores máximos debajo de los 2m, sin embargo debido a la temporalidad de los datos, el 40% del territorio cubierto por UAV based DEMs ha sido modificado. Acorde con los resultados obtenidos y aunque se reporta un pre-procesado de corrección de los datos oficiales, estos modelos no cuentan con la apropiada precisión vertical para ser usados de manera directa en el análisis de geo-procesos.

SE08-18

TERMOGRAFÍA CON BASE EN DRONES COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA PROSPECCIÓN DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS: DELINEACIÓN DE UNA ANOMALÍA TÉRMICA COSTERA EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Carbajal Martínez Daniel, Peiffer Loïc, Hinojosa Alejandro, Trasviña Castro Armando y Arregui Ojeda Sergio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
dcarbajal@ciasese.edu.mx

Las fuentes de energía sostenibles como la geotérmica son opciones deseables para hacer frente a la creciente demanda de energía y agua dulce ante el calentamiento global. Presentamos ortomosaicos de infrarrojo térmico (TIR) y rojo verde azul (RGB) de una anomalía geotérmica intermareal a partir de imágenes adquiridas con vehículos aéreos no tripulados (VANT). Las imágenes térmicas se obtuvieron antes del amanecer durante la marea baja en dos fechas, una en 2018 y la otra en 2019, utilizando diferentes VANT's y cámaras térmicas sobre la manifestación geotérmica intermareal de la playa de La Jolla, ubicada en Ensenada, Baja California, México. Los ortomosaicos TIR y RGB de alta resolución (<10 cm y <2.8 cm respectivamente) delinean la forma, extensión y la temperatura superficial de la anomalía geotérmica (máx. 52 °C y a 10 cm de profundidad máx. 93 °C). La verificación de la temperatura sobre la arena se realizó con un termopar a 1 cm de profundidad y al comparar las temperaturas (TIR-Termopar) da como resultado un R² = 0.95 y un error estándar de ± 2.2 °C. Además, la geolocalización de alta precisión de los ortomosaicos (± 10 mm) revela cambios superficiales sutiles en la forma, extensión y posición de la anomalía térmica que atribuimos a las diferencias en el nivel de la marea para las dos fechas. Finalmente, con la estimación de la producción de calor advectivo (45.5 ± 18.9 MWt) y el caudal máxico de agua (323 ± 98 L/s) de playa de La Jolla, demostramos que esta manifestación geotérmica intermareal puede suministrar la energía requerida por una planta de desalinización térmica y así mismo cubrir la escasez de agua dulce y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

SE08-19

LA CARRETERA ESCÉNICA TIJUANA-ENSENADA Y LA BAHÍA SALSIPUEDES EN BAJA CALIFORNIA, UNA CONJUNCIÓN ESPACIAL AMENAZADA POR DESLIZAMIENTOS DE LADERA

Gallardo Contreras Miguel y Hinojosa Alejandro
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
mgallardo@cicese.edu.mx

La carretera federal 1, conocida como la escénica Tijuana-Ensenada se caracteriza por la belleza de los paisajes al recorrer la costa del Pacífico entre ambas ciudades. En particular, el tramo entre los kms 84 al 98, entre las localidades del Mirador y San Miguel, segmento que rodea la Bahía Salsipuedes es el más bello, pero a la vez, el más vulnerable a deslizamientos de ladera debido a los escarpados cantiles formados por depósitos marinos de la Formación Rosario del Cretácico Tardío, y coronados con mesetas de flujos de basalto de la formación Rosarito Beach del Mioceno. Este segmento requiere de mantenimiento continuo para mantener el flujo vehicular y compensar los efectos de la gravedad. El 28 de diciembre de 2013, en el km 93, un segmento de ~300 m se colapsó, deslizando 30m hacia el mar. Tomo un año de obras para reparar el daño y restablecer el flujo. Para estabilizar el sitio, se construyeron galerías filtrantes, enrocamientos en la costa al pie del talud y terraplenes en la parte alta para disminuir la carga. El km 90 es otro sitio que ha mostrado alta vulnerabilidad y que fue necesario instrumentar y monitorear. Tomar acciones similares al km 93 previo a un posible colapso. En este trabajo presentamos el monitoreo de la obra civil de estabilización a través de reconstrucciones fotogramétricas realizadas a partir de 4 vuelos con drones (2014, 2017, 2019 y 2020). Se documenta la construcción de enrocamientos en la base y terraplenes en la parte alta. El monitoreo del km 90 incluyó la instalación de inclinómetros en ambos lados de la carretera que miden el desplazamiento de las capas geológicas con la profundidad, registrando los cambios de velocidad del deslizamiento en el tiempo como respuesta a la obra civil. La observación de los cambios en los niveles del agua en pozos observación instrumentados con piezómetros y su relación con la precipitación, nos ayudaron a entender mejor los procesos que están ocurriendo en el subsuelo.

SE08-20

ESTIMACIÓN POR FOTOGAMETRÍA DEL VOLUMEN EN EL VASO DE LA PRESA LÓPEZ ZAMORA Y SU ASOCIACIÓN CON LA EXTENSIÓN DEL ESPEJO DE AGUA POR LA CONSTELACIÓN DE SATELITES DE PLANET.COM

Oyorzabal Vázquez Elsie Giovanna, Hinojosa Alejandro y Arregui Ojeda Sergio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
oyorzabal@cicese.edu.mx

La Presa López Zamora (PLZ), un cuerpo de agua artificial embebido ahora por la mancha urbana de la ciudad y puerto de Ensenada, BC. Fue construida en el año 1976, con un propósito inicial de retener los sedimentos de su cuenca (150 km²) que de otra manera terminarían en la rada del puerto. Debido al clima semiárido de la región y a la creciente demanda de agua, actualmente se usa como una de las diversas fuentes de agua a la población. Aprovechando un periodo reciente de sequía extrema, se hizo una reconstrucción fotogramétrica del vaso de la presa cuando se encontraba casi vacía (2015-09-25), apoyándonos en fotos aéreas con alto grado de traslape (longitudinal y lateral) tomadas por un dron de ala fija. Para la zona cubierta por el cuerpo de agua residual en la presa, la reconstrucción 3D fue complementada con una batimetría realizada con métodos tradicionales por la UABC en 2009. Con la reconstrucción del vaso, se calculó una curva de volumen vs altura del espejo de agua. Según los cálculos, la PLZ tiene una capacidad máxima cercana a los 4 Mm³. La envolvente del espejo de agua es un proxy a los contornos topográficos, altura del espejo. Los cuerpos de agua son tipos de cubierta terrestre fácilmente identificables con herramientas de percepción remota debido a la fuerte absorción de energía en la región infrarroja del espectro, que los hace inequívocamente identificables desde el espacio. Los nuevos esquemas de observación de la Tierra incorporan constelaciones de microsatelites con visitas frecuentes que permiten detectar los cambios que ocurren sobre la superficie Terrestre. Misiones como las de PlanetScope y RapidEye, con visitas casi diarias en la toma de imágenes multispectrales con resoluciones de 3-5 m de resolución. Con imágenes de estas dos constelaciones, se dio seguimiento a la extensión del cuerpo de agua de la PLZ de 2016 a la fecha y su respuesta a eventos de precipitación. Para procesar el acervo histórico de Planet y RapidEye sobre la PLZ, se utilizaron herramientas de procesado en la nube, en particular el Google Earth Engine (GEE). A diferencia de las imágenes de Landsat, Sentinel-2 y otras plataformas soportados por GEE, se requirió bajar las imágenes de Planet seleccionadas de su acervo para cargarlas a una colección en el espacio de trabajo del usuario GEE.

SE08-21

PROPUESTA DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS SUBSIDIENCIAS EN EL VALLE DE MÉXICO Y SU POSIBLE CORRELACIÓN CON EL ABATIMIENTO DE ACUIFEROS

Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, Herrera Zamarrón Graciela del Socorro²,
Hernández Hernández Mario Alberto³ y Yépez Rincón Fabiola D.³
¹Laboratorio de Percepción Remota, Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM
²Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM
³Instituto de Ingeniería Civil, UANL
nellyss_21@hotmail.com

Es sabido que la sobre explotación del agua subterránea puede generar subsidencias en el terreno, debido a la compactación del sistema acuífero aunado a las rocas no consolidadas presentes, como sistemas aluviales y suelos. Son muchas las metodologías propuestas para el mapeo regional de las subsidencias encauzadas a determinar cuáles son las zonas de mayor conflicto e interés, así como realizar las debidas propuestas de mitigación del problema. Los esfuerzos para mapear los peligros ocasionados a este tipo de fenómeno se han centrado en técnicas de radar, que pueden ser capaces de mapear deformaciones en el relieve desde los 28 mm en adelante (resolución vertical), siendo muy útiles en zonas donde la subsidencia del terreno no excede los 10 cm anuales. La excedencia de las subsidencias reportadas en el área, mayor a los 40 cm/año, permiten la exploración y comparación de diferentes técnicas para su caracterización, tales como la comparación entre modelos de elevación obtenidos a partir de técnicas estereoscópicas satelitales, LIDAR aéreo y fotogrametría por drones.

SE08-22 CARTEL

DETECCIÓN DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS MEDIANTE TELEDETECCIÓN SATELITAL – EL CASO DE CAYO ARCAS, CAMPECHE, DE OCTUBRE DE 2019

Díaz Méndez Guillermo¹, Ocampo Torres Francisco J.¹, Hasimoto
Beltrán Rogelio², Esquivel Trava Bernardo¹ y Canul Ku Mario²

¹CICESE
²CIMAT
gdiaz@cicese.mx

A principios de octubre de 2019, la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR) fue alertada de un derrame de hidrocarburos en el sureste del golfo de México resultado de un accidente en la monoboya de la terminal marítima de Cayo Arcas, Campeche, la terminal más importante de exportación del crudo del país. Además de a la SEMAR, se alertó a autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y a investigadores de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), para atender a la fauna que había sido impactada por el derrame. De acuerdo con varios medios de comunicación, Pemex contrató los servicios de una empresa privada para que llevara a cabo trabajos de contención y limpieza del combustible vertido, misma que decidió enterrar el hidrocarburo recuperado en las playas de Cayo Grande. En este trabajo presentamos un ejercicio de monitoreo del derrame de Cayo Arcas utilizando una serie de imágenes de radar de apertura sintética (RAS) e imágenes radiométricas hiperespectrales (RH) adquiridas desde los satélites europeos Sentinel-1 y Sentinel-2, respectivamente. La detección a partir de RAS se realiza mediante el algoritmo de Solberg et al. [2004], implementada en la herramienta SNAP, cortesía de la Agencia Espacial Europea (ESA); la detección a partir de RH se realiza mediante los índices propuestos por Kolokoussis y Karathanassi [2018], aunque estos resultados están muy limitados por la cobertura nubosa presente. La secuencia de imágenes muestra cómo la mancha de aceite aparece entre el 1 y el 4 de octubre, alcanza su máxima extensión el día 7, y prácticamente desaparece para el día 13. A partir de esta fecha y hasta el 6 de noviembre se observa una mancha pequeña emanando de las playas de Cayo Grande, en concordancia con las aseveraciones de los medios de comunicación. Estimaciones de la velocidad del viento y de algunos parámetros del oleaje a partir del análisis de las imágenes RAS muestran una alta variabilidad en las condiciones ambientales que parecen ser determinantes en a) la capacidad de detección del derrame, y b) en su evolución espacio-temporal. Finalmente, a pesar de que no recibió la misma cobertura mediática, durante este periodo también se observa una gran superficie oceánica impactada por hidrocarburos en el campo petrolero de Cantarell, ubicado unas 50 mn al sur de Cayo Arcas.

Sesión especial

USO DE SENSORES REMOTOS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores:

Jorge Vázquez-Cuervo

José Gómez-Valdes

Marouan Bouali

Marisol García-Reyes

SE09-1

VALIDATION OF SATELLITE DERIVED SEA SURFACE TEMPERATURE AND SEA SURFACE SALINITY GRADIENTS: COMPARISONS WITH THE SAILDRONE BAJA AND GULF STREAM DEPLOYMENTS

Vázquez-Cuervo Jorge¹, Gómez Valdés José² y Bouali Marouan³¹Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology²CICESE³University of Sao Paolo

jorge.vazquez@jpl.nasa.gov

Validation of satellite-based retrieval of ocean parameters like Sea Surface Temperature (SST) and Sea Surface Salinity (SSS) is commonly done via statistical comparison with in situ measurements. Because in situ observations derived from drifting/moored buoys and argo floats are only representative of one specific geographical point they can't be used to measure spatial gradients of ocean parameters (i.e. two dimensional vectors). In this study, we exploit the high temporal sampling of the unmanned surface vehicle (USV) Saildrone (i.e., one measurement per minute) and describe a methodology to compare the magnitude of SST and SSS gradients derived from satellite-based products with those captured by Saildrone. Using two Saildrone campaigns conducted in the Baja California region in 2018 and in the North Atlantic Gulf Stream in 2019, we compare the magnitude of gradients derived from six different GHRSSST Level 4 SST (MUR, OSTIA, CMC, K10, REMSS, and DMI) and two SSS (JPLSMAP, RSS40) datasets. While results indicate strong consistency between Saildrone and satellite-based observations of SST and SSS, this is not the case for derived gradients with correlations lower than 0.4 for SST and 0.1 for SSS products.

SE09-2

OBSERVACIONES CONTINUAS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD DE LA SUPERFICIE DEL MAR USANDO BUQUES OCEANOGRÁFICOS: CRUCEROS IMECOCAL

Gómez Valdés José¹, Miranda Luis E.¹ y Vázquez-Cuervo Jorge²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada²Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology

jgomez@cicese.mx

En la presente década, estudiar procesos de escalas menores a la mesoescala se ha vuelto apremiante debido a la importancia de resolver el problema de la cuantificación correcta del intercambio de calor entre el océano y la atmósfera. El problema ha capturado la atención de observadores, teóricos y modeladores. Los observadores utilizan mediciones continuas de alta resolución de la temperatura y la salinidad del mar usando drones navegantes (Saildrones) y productos derivados de satélite, entre otras herramientas, para estudiar los procesos de submesoescala. En este trabajo, nosotros nos basamos en lo aprendido en nuestros estudios de gradientes superficiales de temperatura y salinidad usando Saildrones y productos derivados de satélite para examinar el conjunto de datos continuos de estas variables tomados con un termosalinógrafo montado en buque del programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL). Sobreponemos las trayectorias de los cruceros IMECOCAL de enero, abril, julio y octubre de 2011 sobre mapas de altura de nivel del mar, temperatura y clorofila derivadas de satélites. Elaboramos cintillas de temperatura y salinidad y sus gradientes, razón de densidad y flotabilidad a lo largo de las trayectorias de los cruceros, de tal manera que, junto con la información satelital, logramos distinguir los frentes asociados a surgencias costeras de los frentes asociados al campo de deformación producto de la actividad de la mesoescala. Entre los resultados prácticos encontrados, resalta que ubicamos las regiones de surgencias costeras más activas a lo largo de costa de la península de Baja California y su variación estacional de 2011.

SE09-3

PATTERNS AND DYNAMICS OF SST FRONTS IN THE CALIFORNIA CURRENT SYSTEM

Mauzole Yackar¹, Torres Gutiérrez Héctor² y Fu Lee-Lueng²¹University of California San Diego, UCSD-SIO²JPL/Caltech

ymauzole@ucsd.edu

The California Current System (CCS) is one of the four major Eastern Boundary Current Systems, where major coastal upwelling is observed in the ocean. Oceanic fronts are abundant in the CCS, and are known to be associated with coastal upwelling. Analyses of satellite observations (altimetry and sea surface temperature, SST) of the CCS highlight the presence of SST fronts in the southern part of the CCS outside of the coastal upwelling season, which will be investigated. The submesoscale-permitting and tidal-resolving version of the MITgcm (global circulation model) was used to analyze the nature of these features, through the study of the surface density gradients, the vertical velocities and the horizontal strain. An algorithm was also developed to track SST fronts in the model. The classical

scenario of coastal upwelling is confirmed in the central CCS (off California), with a strain field correlated to vertical velocities associated with the SST fronts, and collocated density fronts. In contrast, in the southern CCS (off Baja California), vertical velocities were much weaker and density gradients were not always observed where SST fronts were detected, leading to the assumption that the fronts there may be affected by thermohaline compensation occurring in the region. These findings confirm the existence of SST fronts in the CCS outside of the traditional coastal upwelling framework, with part of the fronts in the southern CCS being passive and advected by the background flow.

SE09-4

INTERACTIONS BETWEEN THE SUBTIDAL VARIABILITY OF AN UPWELLING FRONT AND WIND STRESS IN THE MIDRIFF ARCHIPELAGO REGION OF THE GULF OF CALIFORNIA USING REMOTE SENSORS

Tenorio Fernández Leonardo¹ y Montes Aréchiga Jorge Manuel²¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional²Universidad de Guadalajara, Departamento de Física

leonardo.tenof@gmail.com

The ocean front variability is controlled by the physical process that produces it and the biological processes there are influenced by this seasonal variability. The objective of this study is to identify the interaction between the subtidal variability of the upwelling front and the wind force in the Midriff Archipelago Region of the Gulf of California during 2017 using remote sensing. The SST and Chlorophyll satellite data, sea level data, magnitude and direction data of the wind, in the archipelago of the Gulf of California or the Midriff Island Zone were used. The SST and chlorophyll daily data were used to see the fortnightly variability in 2017 related to the neap and spring tidal cycle. The identity of the upper ocean front was done following the Belkin and O'Reilly (2009) methodology and using daily SST and chlorophyll data. This upwelling front is produced by the strong thermohaline interaction between the upwelling waters and the water from the southern part of the Gulf of California. The upwelling front variability follows the spring and neap tide cycle. During the spring tide the front is more intense and longer; it extends almost to the continental coast, because during the spring tide the upwelling is at maximum. In the neap tide the upwelling front is retracted to close to the peninsula coast and it is less intense, because the upwelling is minimal. In winter, autumn and during sporadic events in summer, the zonal wind force plays an important role in the upwelling intensity, if the zonal wind from the west matches with the spring tide, the front is larger and stronger. The appositive way without zonal wind or zonal wind from the east, the upwelling is less and the front will be retracted to close to the peninsula and the upwelling front is controlled only by the spring and neap tide cycles.

Sesión especial

A 10 AÑOS DEL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH (MW 7.2)

Organizadores:

Javier Alejandro González Ortega
José Antonio Vidal Villegas
María Alejandra Núñez Leal
Erik Esteban Ramírez Ramos

SE10-1

LA SECUENCIA DE REPLICAS Y PREMONITORES DEL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH (MW7.2) DEL 4 DE ABRIL DE 2010

Castro Escamilla Raúl Ramón¹, Acosta José¹, Wong Víctor¹, Pérez-Vertti Arturo¹, Mendoza Antonio¹, Yao Dongdong², Huang Yihe² y Peng Zhiqiang³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

³Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA
raul@cicese.mx

El sismo El Mayor-Cucapah (Mw 7.2) del 2010 es el evento más grande ocurrido recientemente en el noroeste de México, en la región cercana al valle de Mexicali. Este sismo fue precedido por una serie de premonitores y generó una secuencia importante de réplicas, por lo que este evento ofrece la oportunidad de estudiar el proceso de generación y de ruptura sísmica. En este trabajo analizamos la interacción espacio-temporal entre los sismos premonitores y la ocurrencia del evento principal, así como la evolución espacial de las réplicas. Durante las primeras 20 horas después del sismo principal, las redes regionales registraron más de 500 réplicas. La localización de las réplicas muestra que la ruptura se extendió en las direcciones NW y SE desde el punto inicial de la ruptura por aproximadamente 120 km. El evento principal generó una ruptura compleja, con premonitores y réplicas distribuidas en múltiples segmentos de falla. La secuencia de premonitores muestra una acumulación de eventos entre 14-16 km de profundidad, donde el evento principal nucleó, y la distribución focal de las réplicas indica que la zona sísmogénica está entre 5 and 15 km de profundidad. Finalmente, identificamos un grupo de premonitores que ocurrió en los últimos 6 minutos de la secuencia, que alteró el estado de esfuerzos y que disparó el evento principal.

SE10-2

THE 2010 EL MAYOR-CUCAPAH (MW 7.2) EARTHQUAKE AND ITS CONVERSATION WITH OTHER EARTHQUAKES

González Huizar Héctor^{1,2}, Velasco Aaron A.² y Castro Escamilla Raúl Ramón¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²University of Texas at El Paso, UTEP

hectorg@miners.utep.edu

The 2010 Mw=7.2 El Mayor-Cucapah earthquakes caused a large number of aftershocks in the area surrounding its epicenter. Here we show that its seismic waves also triggered seismicity at large distances from its epicenter, in a process known as dynamic triggering. For instance, approximately 300 km SE of the epicenter several faults in the Gulf of California were reactivated. Additionally, we use data from the CICESE seismic network to show that the rate of El Mayor-Cucapah's aftershocks was modulated by the passing of the seismic waves from other remote earthquakes. In this work, we present evidence of the interaction between El Mayor-Cucapah earthquake and other earthquakes located at very large distances.

SE10-3

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE SITIO, A PARTIR DE REGISTROS DE ACELERACIÓN DE LA SECUENCIA EL MAYOR – CUCAPAH, EN ESTACIONES UBICADAS EN EL AMBIENTE SEDIMENTARIO DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Pérez Arce Rosa Lilia y Vidal Villegas José Antonio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

rperez@cicese.edu.mx

El Valle de Mexicali, localizado en el delta del río Colorado, es una de las regiones de México con alta sismicidad ($1 \leq M \leq 7.2$). El 4 de abril del 2010 se suscitó en las Sierras El Mayor y Cucapah, localizadas en Baja California, un sismo de Mw 7.2 seguido de una gran cantidad de réplicas. La secuencia de sismos El Mayor - Cucapah fue registrada por estaciones de aceleración de la actual Red Sismológica del CICESE. Seis de estas estaciones están localizadas en la región sedimentaria del Valle de Mexicali (a distancias de 12 a 33 km con respecto al epicentro) y 7 estaciones ubicadas en las Sierras Peninsulares de Baja California (a distancias de 67 a 140 km con respecto al epicentro). Debido a que se está trabajando para obtener una curva de atenuación usando datos del sismo del 4 de abril del 2010, réplicas y sismos más recientes, es necesario corregir las amplitudes de valores pico de aceleración por efecto de sitio. Este efecto produce una gran dispersión de los datos alrededor de la curva de atenuación. Con base en registros del evento principal y 36 réplicas de Mw entre 4.5-5.7, estimamos el efecto de sitio en las 6 estaciones ubicadas en la región sedimentaria. Esta estimación se realizó por medio de los cocientes espectrales H/V usando la porción de la onda S en los registros. Los factores de amplificación para sismos Mw < 5 tienen un rango de variación de 4-6.2, mientras que para sismos Mw > 5 están comprendidos entre 6.7-11.2. Sin embargo, al comparar los resultados de las curvas promedio H/V de cada estación con la obtenida para el sismo de Mw 7.2, se puede observar en 4 estaciones, una

reducción de los cocientes H/V de entre 3 y 6 para un intervalo de frecuencias de 0.1-10 Hz.

SE10-4

PROCESOS EN SUPERFICIE A TRAVÉS DE TOPOGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL Y MULTITEMPORAL: A 10 AÑOS DEL SISMO EL MAYOR-CUCAPÁ (EMC)

Hinojosa Alejandro¹ y Fernández-Díaz Juan Carlos²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

²University of Houston, National Center for Airborne Laser Mapping (NCALM)
alhinc@cicese.mx

Topografía de alta resolución espacial, antes y después de un evento catastrófico, nos permite dimensionar sus efectos. El sismo EMC del 2010-04-04 Mw 7.2 tuvo efectos devastadores principalmente en la infraestructura de riego del valle de Mexicali, fue el primer sismo de magnitud importante que contaba con topografía detallada previa al sismo generada por un levantamiento aéreo LiDAR. Con el objeto de evaluar esta tecnología para analizar la deformación en la superficie, se realizó un levantamiento aéreo LiDAR posterior al evento. Se escaneó un corredor de 120 kms de longitud a lo largo de la ruptura que cortó rocas expuestas de la sierra Cucapá en un paisaje con escasa o nula vegetación, condiciones inmejorables para probar la tecnología. A raíz del primer trabajo relacionado al sismo EMC y a topografía de alta resolución, han ocurrido grandes avances, se desarrollaron metodologías para extraer el campo de desplazamientos, así como utilizar otras fuentes de topografía de alta resolución distintas a LiDAR, como la fotogrametría satelital y a partir de fotos tomadas por drones. Los levantamientos LASER aéreos y terrestres, así como reconstrucciones 3D por técnicas fotogramétricas, generan densas nubes de puntos 3D que requieren amplios espacios de almacenamiento y herramientas especializadas para su procesamiento. Opentopography.org es un portal que facilita el acceso y descarga de topografía de alta resolución en su acervo, desde la nube de puntos originales o filtradas, así como productos derivados como rejillas regulares de topografía (DSMs, DTMs), archivos KML, hidrología superficial, archivos sombreados,.... incluso ya cuenta con herramientas para hacer la comparación de nubes "3D Differencing" desde el portal. Opentopography.org, es un portal financiado por la NSF en EUA y su acervo cubren principalmente territorio de EUA, sin embargo, a través de colaboración e interés mutuo en zonas específicas, existen datos de territorio mexicano en el portal. A través de esta presentación, queremos divulgar las nubes de puntos (y productos derivados) en territorio mexicano. Entre ellas están las zonas en Baja California que cubren la ruptura del temblor EMC, el corredor de la falla de Agua Blanca, Punta Morro donde se ubica el campus de CICESE, UNAM y UABC, Bahía Salsipuedes, zona de deslizamientos en la carretera federal 1. Adicionalmente existen herramientas para que la comunidad pueda contribuir datos topográficos, archivar y difundirlos a través del portal.

SE10-5

EFECTOS DEL SISMO EN LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y ASIGNATURAS PENDIENTES

Arreguín Felipe
Instituto de Ingeniería, UNAM
farreguin2011@gmail.com

La Comisión Nacional del Agua, Conagua, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California y el Gobierno del Estado de Baja California, unieron capacidades para atender los efectos del Sismo El Mayor-Cucapah. En particular a la Conagua le interesaban los impactos sobre la infraestructura de riego y el acuífero, aunque luego en colaboración con el Instituto participó en la selección de los sitios para reubicación de la población. En dichos trabajos se observó que dependiendo de las dimensiones del canal y de la profundidad de las excavaciones efectuadas para los drenes agrícolas o preexistentes por cauces o meandros abandonados del río Colorado, así como de las subpresiones hidrodinámicas y las aceleraciones laterales horizontales, se provocaron daños importantes a los canales. Los corrimientos laterales afectaron la estabilidad de drenes, cortes, taludes y terrazas aluviales aledañas a los meandros remanentes e inactivos del río Colorado, o zanjas de las regaderas derivadas de los canales principales. Los drenes agrícolas fueron afectados principalmente por corrimientos y deslizamientos de talud que obstruyeron el flujo de agua. Para restaurar el drenaje, fue suficiente el retiro de los tapones formados y esperar la disipación del incremento de presiones de agua en el subsuelo, que elevaron temporalmente los niveles freáticos después del sismo, hacia la parte más baja del terreno natural de la planicie. Las estructuras de compuertas (represas y obras de toma) no tuvieron daños estructurales significativos que impidieran su funcionamiento hidráulico; sin embargo, es necesaria una verificación de la estabilidad sísmica, en particular para sismos de mayor magnitud. Entre las principales conclusiones se estableció que es necesario realizar adecuaciones de diseño sísmico, que se requiere una zonificación de riesgo y sísmica en el delta del río Colorado, con el propósito de definir los efectos de sitio, sus respectivos espectros de respuesta en sitios estratégicos a lo largo del distrito de riego donde se ubica la infraestructura; y que es posible mejorar la estabilidad sísmica de estructuras mediante la construcción de drenes de alivio de subpresiones. Los sistemas de subdrenaje y drenes de alivio pueden desarrollarse dependiendo de la profundidad del nivel freático mediante perforaciones, o drenes

verticales o zanjas, rellenas de grava-arena bien graduada (no arenas locales) que crucen el nivel freático y los estratos relativamente impermeables de arcilla y limos plásticos hasta penetrar los lentes subyacentes de arenas. Con relación al acuífero, se observó que durante el sismo los niveles piezométricos del agua en el subsuelo en la parte más bajan del delta del río Colorado, tuvieron sobre-elevaciones súbitas mayores a 3 m, las cuales tienden estabilizarse reduciéndose con el tiempo, posiblemente hasta alcanzar los niveles piezométricos pre-existentes antes del sismo. Se propone fortalecer la red piezométrica del acuífero y establecer un Protocolo de actuación ante fenómenos como éste.

SE10-6

EFFECTOS DEL SISMO EL MAYOR CUCAPAH EN LA HIDRODINÁMICA DE LOS HUMEDALES COSTEROS DEL DELTA DEL RÍO COLORADO DESPUÉS DE 10 AÑOS

Ramírez Hernández Jorge, Rodríguez Burgueño Jesús Eliana y Nelson Steven M.
Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería
jorger@uabc.edu.mx

Los humedales costeros del Delta del Río Colorado dependen primordialmente de dos fuentes de agua, una proveniente del Río Colorado (RC) de origen continental y otra del Golfo de California de origen marino. La importancia de cada una de ellas sobre los humedales depende de su proximidad al mar. No obstante, desde mediados del siglo pasado, la fuente continental fue cambiada drásticamente tanto en frecuencia como en magnitud con la regulación del caudal del RC. La falta de flujos continentales ha provocado la formación de una barra de arena que impide el paso del agua de mar. Así que las relaciones hidrodinámicas de estos humedales han evolucionado de forma gradual desde una fuente superficial estacional hacia una mayormente subterránea con una menor influencia de agua de mar. Los únicos cuerpos de agua que mantienen una relación directa con el agua de mar, son el Río Hardy que descarga flujos de retorno agrícola y de agua residual tratada al estuario del RC, el mismo estuario y la Ciénega de Santa Clara cuya principal fuente de agua es el canal Wellton-Mohawk. La hidrodinámica, extensión y geometría dependen de la elevación diferencial de estos cuerpos de agua que estaba alcanzando un nuevo equilibrio ante la reducción de flujo del RC. El sismo El Mayor Cucapah ocurrido en el 2010 generó la subsidencia de la porción más sureste del Valle de Mexicali impactando al Río Hardy, la Ciénega de Santa Clara y el estuario del RC. En este trabajo se analizan las diferencias en elevación del eje del canal del Río Hardy cuantificadas mediante levantamientos topográficos antes y después del sismo, además evaluando su efecto en la hidrodinámica del río, por medio de la identificación de zonas con pendientes negativas que afectan el flujo en el río. De la misma manera, se analiza la respuesta del humedal costero de la Ciénega de Santa Clara que tradicionalmente mantenía una comunicación hidrodinámica preferentemente de descarga hacia el estuario del Río Colorado a lo largo de amplias planicies playeras al sur, está cambiando por la subsidencia de la planicie de lodos adyacente al oeste, reconfigurando su geometría y extensión a lo largo de estos años que han aumentado su descarga hacia el oeste y su comunicación con el régimen mareal. Se documenta también la incursión del agua de mar hacia la porción central sur del Valle de Mexicali que alcanza a erosionar el borde de contención que delimita la zona cultivable del Valle, mediante dos procesos, uno inmediato debido a la subsidencia del terreno provocada por el sismo, que aumentó súbitamente el ingreso de agua de mar; otro más gradual, la formación de nuevos canales de marea en las zonas con menores hundimientos avanzando hacia el continente mediante erosión remontante. Se discuten los efectos inmediatos sobre los humedales y la tendencia a alcanzar un nuevo equilibrio hidrodinámico.

SE10-7

SHALLOW DEFORMATION FEATURES OF THE IMPERIAL FAULT SYSTEM FROM SUBSURFACE IMAGING

Sahakian Valerie¹, Derosier Boe², Stock Joann³ y Driscoll Neal²
¹University of Oregon, UO
²UC San Diego
³California Institute of Technology
vjs@uoregon.edu

Accommodating 30 – 45 mm/yr of slip and hosting two >M6 earthquakes in the past century, the Imperial Fault (IF) is a large player in Southern California's fault system. Despite its contribution to regional seismic hazard and Pacific/North American plate boundary motion, both the IF system and its interactions with other faults are not as well-understood as other regional faults. Seismicity studies identify event concentrations on a linear structure ~10km west of the main trace of the IF. In addition, a geodetic investigation reveals deformation west of the main trace of the IF, best fit by a fault structure with a slip rate of ~15 mm/yr, possibly accommodating a portion of the IF's slip rate. It is difficult to obtain a full picture of this system and the interaction between structures, as we lack shallow subsurface geologic and imaging data. Only 5 paleoseismic sites have been trenched along the IF, none of which yield a direct slip rate due to the absence of observable piercing points along the fault. To fill this gap, we collected high-resolution subsurface seismic data within the All American Canal in the Imperial Valley, in 2019. These data focus on the mapped IF trace, and suggested westward fault trace by the US-Mexico border. With an acoustic compressed high intensity radar pulse (CHIRP) system, we imaged shallow deformation near the region proposed to accommodate slip west of the IF. This

deformation occurs as close as 10km west of the IF, and some of the most prominent shallow displacement occurs ~20km west of the IF. The deformed reflectors are observed ~25m below the canal bed in some places, near the depth resolution of our dataset. Here, we will show these findings, fault interpretations, and implications for tectonics in the region. These data may be useful to support or direct future paleoseismic and geophysical studies along this fault trace, and to understand better the interactions between the IF system and other fault systems in the region.

SE10-8

EVIDENCIAS GEOFÍSICAS DE ESTRUCTURAS EN UN SECTOR DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

González Escobar Mario¹, Reyes Martínez C. Simon², Montalvo-Arrieta Juan Carlos², Aladro Chio Young Ho¹, Gallegos Catillo Cristian A.¹, Mastache Román Edgar A.¹ y Arregui Ojeda Sergio¹
¹CICESE
²Universidad Autónoma de Nuevo León
mgonzale@cicese.mx

La conexión tectónica del sector noroeste del Valle de Mexicali (VM) con el sector sur de la zona de falla San Jacinto en el Valle Imperial (VI), sur de California, es incierto, ya que si es que existen fallas, estas están cubiertas por depósitos sedimentarios jóvenes. Para tratar de discernir esta situación, se interpretan perfiles sísmicos de reflexión 2D, base de datos sísmicos de un intervalo de 20 años, mecanismos focales, así como mapas magnético y gravimétrico. Se observan estructuras, algunas hasta ahora desconocidas así como algunas que se tenían inferidas y otras ya conocidas. Estructuras a partir de la interpretación se definen la configuración de las posibles extensiones sepultadas hacia el sudeste de la zona de falla Superstition Hills en el sector de Valle de Mexicali (los elementos más al sur de la zona de fallas de San Jacinto en USA), y una estructura que ha sido considerada la extensión de la falla Cerro Prieto hacia el noroeste, la cual consideramos es una posible estructura de relevo. El deslizamiento de la zona de falla de San Jacinto aparentemente se distribuye al sur de en la Falla Imperial (a través de las fallas de Superstition Hills) y la Falla Cerro Prieto (via falla Superstition Mountain). La Falla Michoacán se interpretó a través de perfiles de sísmica de reflexión y métodos potenciales, ya que esta no muestra actividad sísmica. Parte de la importancia de esta estructura es que atraviesa la Ciudad de Mexicali y viene desde la región del Campo Geotérmico Cerro Prieto y continúa hacia el norte de la frontera. En otro sector estudiado estuvo presente gran actividad sísmica que se asocia a un alto magnético/gravimétrico en la región de Tulechek que desapareció después del sismo El Mayor-Cucapah.

SE10-9

ESTUDIO DE LA CINEMÁTICA DE BLOQUES TECTÓNICOS DEL NORTE DE BAJA CALIFORNIA, PRE Y POST EVENTO EL MAYOR-CUCAPAH (MW 7.2) DE 2010

Zamora-Maciel Alejandra, Reinoza Carlos E., González Ortega Javier Alejandro y Arregui Ojeda Sergio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
azamora@cicese.edu.mx

Un enfoque para el estudio de deformación de la corteza es por medio del modelado bloques tectónicos. En líneas generales, se selecciona un área de estudio segmentada por uno o varios bloques, a su vez definidos principalmente por fallas activas. En este trabajo, se busca estudiar la cinemática de los bloques tectónicos del norte de Baja California a partir del modelado utilizando datos GPS de la Red Geodésica del Noroeste de México. Se analiza la deformación presente de los bloques tectónicos activos del norte de Baja California durante los periodos pre (1993-2010) y post (2013-2019) sismo El Mayor-Cucapah (Mw 7.2), ocurrido el 4 de abril del 2010. Los resultados preliminares muestran una rotación de los bloques tectónicos de 0.35-0.48 °/Ma antes del evento, y de 0.25 y 0.54 °/Ma posterior al sismo. Para todos los bloques y en ambos periodos, las rotaciones angulares muestran sentido horario. Luego del sismo, se observa una disminución de los valores (nano-strain) para los sensores de tasa de deformación cercanos al área Imperial-Mexicali. En el mismo sentido, se han observado algunos cambios en las tasas de deslizamiento de las fallas en la zona de estudio.

SE10-10

A 10 AÑOS DEL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH: UNA VISIÓN RETROSPECTIVA, TRANSVERSAL Y PROSPECTIVA

Vidal Villegas José Antonio, Núñez Leal María Alejandra y Grupo de Trabajo Resnom
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
vidalv@cicese.mx

El 4 de abril de 2010 a las 15:40 (tiempo local) ocurrió a 30 km al sur-sureste de la ciudad de Mexicali el sismo El Mayor-Cucapah (mag. 7.2). Este sismo causó gran conmoción en la sociedad Baja Californiana, en especial la del Valle y Ciudad de Mexicali. El sismo y sus réplicas fueron registrados en el norte de Baja California por las redes: Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) y Acelerógrafos del Noroeste de México (RANM). 10 años atrás. La RESNOM estaba conformada por

12 estaciones de tres componentes: 8 de periodo corto (1 s), 3 de banda ancha (100 s hasta 50 Hz) y 1 de periodo largo (15 s). Las señales detectadas en las estaciones eran digitalizadas y transmitidas en tiempo real, vía enlaces de radio, al centro de procesamiento (ubicado en el CICESE). El sistema de grabación era por sismo vía un algoritmo de detección. Los programas de localización y cálculo de magnitud no eran automáticos. La RANM tenía 17 estaciones de 3 componentes que registraban en sitio por evento. Durante el sismo principal, las 11 estaciones de RESNOM produjeron registros saturados. Sin embargo, fue posible localizarlo usando tiempos de arribo de P y calcular su magnitud (7.1) mediante un registro horizontal de banda ancha. Una computadora Pentium IV fue insuficiente para procesar la enorme cantidad de sismos registrados. Afortunadamente, el sismo fue registrado apropiadamente en las estaciones acelerométricas. Al 15 de junio de 2010 se habían registrado y procesado 10,300 réplicas integrando datos de la Red del Sur de California y de RESNOM. Cambios acontecidos. Se conformó la Red Sismológica del CICESE (RSC), integrada por 5 sub-redes, con la meta de lograr que la mayoría de estaciones registren: aceleración, velocidad y posicionamiento GPS. De un total de 137 estaciones, las señales de 51 se transmiten en tiempo real al Centro de Procesamiento usando alguno de los siguientes sistemas: Internet (satelital, vía telefonía celular, convencional) o radio modem. Colaboramos con el Servicio Sismológico Nacional de México y el Servicio Geológico de Estados Unidos para el intercambio en tiempo real de señales sísmicas. Enviamos sismogramas a IRIS-DMC para ponerlos disponibles y asegurar una copia de los mismos. Desde 2012 se registran y almacenan de manera continua las señales sísmicas. Fue implementado un sistema de detección automática basado en el sistema Earthworm – AQMS que nos permite calcular y publicar la localización y magnitud de un sismo a pocos minutos de su ocurrencia. Información de la sismicidad se publica en: página Web, Redes Sociales y una Aplicación para dispositivos móviles. Adicionalmente, enviamos un boletín mensual al Centro Internacional de Sismología. Prospectiva. Con las mejoras realizadas es posible trabajar en: implantar un Sistema de Alerta Temprana para el norte de Baja California; conocer las características físicas del terreno: geología local, Vs30, densidad. Además: estudiar los mecanismos que producen el efecto de sitio; estimar una función de atenuación de movimientos fuertes para el Valle de Mexicali, entre otros.

Sesión especial

CUENCAS DE PEDREGOSA Y DE CHIHUAHUA

Organizadores:
Ignacio Reyes
Jorge Lucero

SE11-1

CARTOGRAFÍA DE LA SIERRA LA ESPERANZA, AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Barrera Gómez Elizabeth, Aragón Robles Alondra, González Vázquez Ángel Alexis, Enriquez Núñez María Georgina, Chavira Muñoz Javier Andrés, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Bolívar Mata Roberto Carlos, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Arévalo Ruiz Juan Fernando y Reyes Cortés Ignacio Alfonso
 Universidad Autónoma de Chihuahua
 a324620@uach.mx

El área de estudio se incluye en la carta geológica El Cuarenta, Ahí se describen distintos tipos de ambientes, desde los sedimentarios marinos del cretácico, los ambientes ígneos del cenozoico, así como lo son ambientes metamórficos, causados por intrusivos de diferentes dimensiones, que denotan también la presencia franjas significativas rocas metamórficas. La columna estratigráfica compuesta se puede reconocer gracias a las unidades estratigráficas que afloran en el área de estudio, en la que se muestran diversas formaciones. Así mismo afloran diversas estructuras geológicas, contactos entre las diferentes formaciones sedimentarias y los distintos tipos de roca, fallas, plegamientos, discordancias, eventos de deformación, cuencas y valles. También es destacable el área de estudio es una parte del extremo sur del cratón de Norteamérica y que es parte de la cuenca de Chihuahua. El objetivo de trabajo es levantar a detalle la cartografía del área del rancho el Cuarenta. El procedimiento fue generar un plano geológico base con la información cartográfica disponible, después se hizo un recorrido de reconocimiento en el que se seleccionaron las secciones a levantar y los sitios para medir las columnas estratigráficas, así como la selección de las unidades favorables para la identificación de fósiles índice. Al hacer los recorridos de las secciones que sean requeridas para muestrear las litologías que estén presentes en dicha área, y se puedan definir a detalle las unidades litológicas y sus edades correspondientes. Para ello se hace necesario el análisis petrográficos, paleontológicos y minerográficos. Así como el seguimiento de las diferentes secciones que se propongan durante el desarrollo del estudio para ubicar las distintas estructuras geológicas reconocidas. El resultado es un mapa o plano a detalle del área en estudio que muestre las estructuras y contactos entre las diferentes litologías a escala 1: 10,000, que incluye secciones geológicas verticales que muestran todas las estructuras geológicas, columnas estratigráficas que muestran todas las unidades litológicas que afloran en el área de estudio y los sitios de interés económico y paleontológico.

SE11-2

CARTOGRAFÍA DEL ÁREA EL CUARENTA, AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Ruiz Trujillo Sergio Iván, Aragón Robles Alondra, González Vázquez Ángel Alexis, Chavira Muñoz Javier Andrés, Bolívar Mata Roberto Carlos, Barrera Gómez Elizabeth, Enriquez Núñez María Georgina, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Arévalo Ruiz Juan Fernando y Reyes Cortés Ignacio Alfonso
 Universidad Autónoma de Chihuahua
 a310919@uach.mx

El proyecto ocupa gran parte de la sección centro norte de la carta geológica El Cuarenta H13-A56 1:50,000, ubicada a aproximadamente 50 kilómetros al noreste de Villa Ahumada, Chihuahua. La carta describe un ambiente sedimentario marino de edad Cretácico inferior, afectado por una serie de eventos ígneos, tanto intrusivos como extrusivos. Dichos eventos afectaron múltiples secuencias sedimentarias presentes en la región. Los eventos ígneos provocaron varios procesos metamórficos de contacto y de metasomatismo dando como resultado la formación de rocas metamórficas como Hornfels y Skarn. Rocas que afloran ampliamente hacia el lado sureste de la Sierra La Esperanza. El objetivo del proyecto es el levantar la cartografía de la Sierra La Esperanza y sus alrededores a semidetalle con áreas a detalle, a una escala promedio aproximada de 1: 10,000. Para fines prácticos corresponde a una cartografía detallada, identificando sus múltiples unidades litológicas sedimentarias y metamórficas ocurridas durante los procesos de metamorfismo. Para amarrar las relaciones estratigráficas se medirán varias columnas estratigráficas en lugares estratégicos. Se construirá un plano base para hacer la campaña de muestreo de muestras con fines de petrografía, paleontología, y minerografía, para el caso de rocas mineralizadas principalmente por sulfuros. El resultado se presenta a manera de mapa o plano a escala 1: 10,000. El mapa geológico contiene al menos dos secciones geológicas verticales y cuatro columnas estratigráficas. Las primeras muestran las estructuras geológicas que forman el relieve de la región y las segundas muestran las características de las unidades litológicas que forman las estructuras en mayor detalle que la mostrada por la hoja geológica El Cuarenta H13-A56. El ambiente tectónico del área de estudio está influenciado por los eventos secuenciales del cretácico a la fecha por la orogénesis tipo laramide, la distensión tafrogénica, la distensión de sierras y cuencas, y finalmente la distensión del Río Grande Rift que permanece activa en la actualidad.

SE11-3

MONITOREO DE LA CONCENTRACIÓN EN AIRE DE PARTÍCULAS PM10 EN ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Montelongo Flores Michel Yadira¹, Herrera Peraza Eduardo Florencio², Pedraza Rodríguez Valeria¹, Baeza Olivas Vanessa¹, Flores Salcido Adriana¹, Martínez Sosa Jorge Alejandro¹, Oviedo García Angélica¹ y Franco Rubio Miguel¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua
²Centro de Investigación en Materiales Avanzados
 ymontelongo@uach.mx

La ciudad de Aldama es la cabecera del municipio que lleva el mismo nombre y está ubicada a 30 km al NNE de la capital del Estado de Chihuahua. En esta región se encuentra el yacimiento de uranio de Peña Blanca, uno de los más importantes del país, que se estuvo explotando desde 1970 a 1980 y su planta de beneficio se ubicó en las inmediaciones de la ciudad. Aldama cuenta con una población de 18,642 habitantes. La actividad diaria de la ciudad genera una gran cantidad de sustancias que modifican la composición natural del aire. El deterioro de la calidad del aire por la presencia de sustancias contaminantes tiene un efecto negativo en la salud humana y el medio ambiente. Diversos estudios realizados en grandes ciudades alrededor del mundo, han demostrado que existe una relación entre el incremento en la concentración de los contaminantes del aire y el aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Algunos contaminantes como las partículas suspendidas están asociados además con el aumento en las visitas a salas de urgencia y la mortalidad. Resulta de interés recabar, transmitir y publicar la información de la calidad del aire en localidades que no disponen de la infraestructura adecuada para tal tipo de medición, como lo es la ciudad de Aldama. Se realizó un monitoreo de la concentración de partículas PM10 en la ciudad de diciembre de 2017 a septiembre de 2018, tomando en cuenta las diferentes condiciones climáticas a lo largo del año para determinar si estas provocaban cambios en la concentración de las partículas PM10. Se colocó un muestreador de Alto Volumen en la Presidencia Municipal, que se encuentra en el centro de la mancha urbana. Se determinó la concentración de las partículas PM10 en aire siguiendo la metodología de la NOM-035-SEMARNAT-1993 y se compararon con los límites permisibles establecidos en la NOM-025-SSA1-2014. Se encontró que las concentraciones en algunas mediciones sobrepasan el valor límite máximo de exposición aguda de 75 µg/m³ diario. Es preciso prevenir la exposición a la contaminación atmosférica, además de elaborar y aplicar políticas y programas encaminados a reducir dicha contaminación; ya que en las partículas PM10 existe la posibilidad de que contengan radionúclidos debido a las operaciones mineras y a las características geológicas de la zona.

SE11-4

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PALEONTOLÓGICAS A PARTIR DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL OBTENIDA CON UAV

Martínez Sosa Jorge Alejandro, Flores Salcido Adriana, Oviedo García Angélica, López Terrazas Aracely, Madrigal Vázquez Fabricio Alan, Hinojosa De la Garza Octavio Raúl, Montelongo Flores Michel Yadira, Baeza Olivas Vanessa, Moreno Álvarez Hermes y Silva Hidalgo Humberto
 Universidad Autónoma de Chihuahua
 jamartin@uach.mx

los UAV (Unmanned Aerial Vehicles) de pequeño tamaño, conocidos como drones. La oportunidad que se genera al tener acceso a imágenes obtenidas con sensores instalados en ellos, de realizar análisis multiespectrales con clasificaciones supervisadas o no supervisadas; así como suma de mapas de los suelos existentes en un área específica, detona la participación multidisciplinaria para la resolución de problemas. El rancho "Don Chuy" se encuentra ubicado en la porción central del estado de Chihuahua, localizado aproximadamente a 55 km de la localidad de Juan Aldama, Municipio de Aldama, Chihuahua, México con una extensión de más de 700 ha, tiene características paleontológicas particulares; ya que en él se han encontrado hallazgos importantes de fósiles de especies animales no muy comunes; así como de fósiles vegetales. El objetivo del trabajo fue establecer un antecedente en la metodología para hacer uso de los UAV en la generación de áreas de interés paleontológico, mediante una suma ponderada de capas de información geoespacial, basada en datos obtenidos con UAV y mediciones de radiación GAMMA. Para el control topográfico se establecieron 29 puntos, realizando posicionamientos estáticos con equipos Topcon GR5, Sokkia y South. Una parte importante de los trabajos realizados fue la obtención de imágenes RGB y NIR usarlas como insumo en el análisis espacial, para ello se utilizaron dos drones de ala fija (eBee y Parrot Disco), así como dos cuadricópteros (phantom 3 profesional y phantom 4). Para procesar las imágenes se utilizó el software Pix4D. Se decidió procesar las imágenes del phantom4 para realizar el mosaico RGB, ya que se tenía mayor cobertura que el phantom 3 profesional logrando una resolución espacial de 4.34 cm/pix volando a una altura promedio de 100 m con una cobertura de 643 ha. Se generaron tres imágenes una en RGB, NIR y otra de reflectancia. Se realizó un análisis de reflectancia basándose en las imágenes NIR obtenidas, en el cual se puede ver la cantidad de luz absorbida o reflejada por los diferentes elementos en la superficie del terreno. Se realizaron mediciones de la radiación con un medidor Gamma-Scout para identificar las zonas donde se tuviera mayor valor, ya que se determinó que esta puede estar relacionada con la presencia de fósiles. Se utilizó la información de reflectancia, radiación y elevación para analizar el área de estudio

y determinar las zonas con condiciones más favorables para encontrar fósiles, para lo cual se dieron diferentes pesos a la misma, en función de su origen. Se realizó un recorrido de campo a los sitios con hallazgos paleontológicos previos para establecer si se encontraban en la zona con mejores condiciones definidas con la metodología desarrollada. Se observó que los fósiles terrestres se encuentran en la zona con resultados altos en la sobreposición de información, sin embargo, los fósiles marinos localizados en la parte noroeste a pesar de encontrarse cerca de zonas con mejores condiciones, se localizan en su mayoría en zonas de media baja y media alta.

SE11-5

REVISIÓN DE LA NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA DEL MESOZOICO DE LA CUENCA DE CHIHUAHUA

Oviedo García Angélica, Franco Rubio Miguel, Reyes Cortés Ignacio Alfonso, Burillo Montufar Juan Carlos, Llamas Jiménez Leonardo Agustín y Montelongo Flores Michel Yadira
Universidad Autónoma de Chihuahua
aoviedo@uach.mx

La nomenclatura estratigráfica de Chihuahua es compleja y confusa. Este trabajo pretende revisar los códigos y nomenclatura estratigráfica para las unidades litoestratigráficas conocidas para el Mesozoico de la Cuenca de Chihuahua. Se incluyen 16 formaciones: Navarrete, Las Vigas, La Virgen, Caliza Cupido, La Peña, Tamaulipas Superior, Glen Rose, Walnut, Finley, Benevides, Georgetown, Del Rio, Buda, Boquillas, San Carlos y El Picacho con un alcance estratigráfico desde el Berrisiano al Maastrichtiano. La Formación Navarrete contiene lutitas, areniscas y calizas con gasterópodos, bivalvos y microfósiles en una plataforma somera a lagunar, con fuerte evaporación en una fase regresiva. La Formación Las Vigas es una secuencia epiclástica de areniscas calcáreas, calizas arenosas y lutitas, sin fósiles. Para la Formación Cuchillo los autores sugieren cambiar el rango a Grupo Cuchillo con las formaciones: 1) La Virgen que contiene yesos, anhidritas y calizas con bivalvos y peloides en ambiente de sabkha y marino somero. Se propone darle formalidad a esta unidad. 2) La Formación Caliza Cupido es una caliza lagunar, arrecifal y postarrecifal, con amonites, rudistas, equinodermos y microfósiles. 3) La Formación La Peña es una secuencia calcárea lutítica con amonites, ostreidos, equinodermos, reptiles marinos y microfósiles, en ambiente de aguas profundas en una zona batial superior. 4) La Formación Tamaulipas Superior contiene calizas arcillosas y lutitas con amonites y microfósiles en una plataforma abierta de baja energía. La Formación Glen Rose incluye una secuencia de calizas con areniscas, lutitas o margas y nódulos o lentes de pedernal, con rudistas y equinoideos, dentro de una plataforma somera. La Formación Walnut consta de calizas, lutitas y margas, con bivalvos, gasterópodos y amonites en una plataforma nerítica transgresiva. La Formación Finley contiene calizas, calizas arcillosas y lutitas arenosas con amonites, bivalvos, gasterópodos, foraminíferos y radiolarios en una plataforma interna con biostromas de rudistas. La Formación Benevides incluye calizas laminares y nodulares con lutitas, contiene amonites, bivalvos, equinoideos y foraminíferos en una plataforma interna-externa con flujo de terrigenos. La Formación Georgetown está formada por calizas con rudistas, gasterópodos, bivalvos, corales, amonites, calcisferúlidos y foraminíferos bentónicos en una plataforma interna-externa con barrera arrecifal. La Formación Del Rio incluye lutitas, calizas y areniscas con bivalvos, amonites y foraminíferos planctónicos en una plataforma externa con aporte de terrigenos. La Formación Buda contiene calizas y lutitas; incluye amonites, bivalvos, gasterópodos, equinodermos, briozoarios y corales, además de foraminíferos, calcisferúlidos, dinoflagelados, ostrácodos, serpúlidos y galerías fósiles en una plataforma media-externa. La Formación Boquillas incluye calizas y lutitas con limolitas y areniscas; contiene amonites, bivalvos, peces, reptiles marinos y microfósiles en una plataforma somera abierta. La Formación San Carlos está compuesta por areniscas calcáreas y lutitas con contenido de moluscos, dientes y escamas de peces y tiburones, restos de tortugas, dinosaurios y madera fósil en un ambiente submareal-intermareal con intervalos de delta, playa y pantano. La Formación El Picacho incluye una alternancia de areniscas y lutitas, con madera fósil y restos de dinosaurios en una planicie deltaica con zona fluvio-litoral y pantanosa. Estos autores proponen darle formalidad a esta unidad.

SE11-6

EL URANIO Y TIPOS DE DEPÓSITO EN LA CUENCA DE CHIHUAHUA

Reyes Cortés Ignacio Alfonso, Franco Rubio Miguel y Oviedo García Angélica
Universidad Autónoma de Chihuahua
ireyes@uach.mx

El ciclo del uranio y los tipos de depósito como guías para entender al U a través de las preguntas y las preocupaciones más comunes de las personas que de forma cotidiana se enfrentan con información en los medios y redes sociales. Particularmente en la Cuenca de Chihuahua donde ha habido varios incidentes como el del cobalto 60, residuos de la planta en Salazar, la planta de Aldama, etc. y al mismo tiempo aloja la mayor parte de las reservas de uranio del país en las minas el Nopal 1, Margaritas, Puerto 3, etc. Con esos antecedentes se pueden considerar las preguntas como ¿Qué es el uranio y de dónde viene? ¿Cómo está la intensidad de la radioactividad en el ambiente? ¿Cuánto uranio y productos asociados del decaimiento del uranio están en los alimentos que consumimos, el agua que bebemos y el suelo que pisamos? ¿Qué tan radioactivo o peligroso es el mineral de uranio recién sacado de la mina comparado con los productos de

consumo que se usan diariamente y que contienen material radioactivo? ¿Existe alguna normatividad adecuada para la extracción y manejo del uranio y materiales radioactivos, ya sea en las minas, molinos, plantas de beneficio y plantas de concentración, para proteger, primero a los trabajadores y después al público de la exposición adicional de radiación por encima de los valores de fondo? ¿Cuáles son los efectos potenciales en la salud por la exposición a la radioactividad del uranio y otros materiales en general? ¿Qué se sabe de los impactos en la salud de muchos mineros que trabajaron en las minas en Peña Blanca, Chihuahua, que incluye los últimos años de los 60s, los 70s y principios de los 80s? ¿Cómo se extrae el uranio de las minas y cómo se concentra? ¿Qué es el "ciclo de combustible del uranio" y qué es el uranio o combustible quemado o usado y por qué es importante? ¿Por qué los científicos no se oponen en muchos de los problemas de salud y seguridad asociados con la exposición al uranio y radioactividad en general?

SE11-7

MINA SANTA EULALIA: TECTÓNICA DE EMPLAZAMIENTO

Franco Rubio Miguel, Oviedo García Angélica, Reyes Cortés Ignacio Alfonso, Burillo Montufar Juan Carlos y Llamas Jiménez Leonardo Agustín
Universidad Autónoma de Chihuahua
mfranco@uach.mx

Santa Eulalia es un yacimiento hidrotermal de metales base con valores de Au y Ag que produjo aproximadamente 54 millones de toneladas de skarn y sulfuros. Descubierta por los españoles en el año 1652 y situada a 19 km al E-SE de la ciudad de Chihuahua, en su oportunidad fue propuesta como el Real de Minas para esta región de la Provincia de Nueva Vizcaya durante el Virreinato de la Nueva España. Estructuralmente, la secuencia sedimentaria cretácica y volcánica paleógena conforman un domo de empuje vertical con dos zonas de mineralización principales al oriente y al poniente. La masa ígnea intrusiva a profundidad que modela el domo se encuentra dentro de un bloque de corteza continental 2° basculado con vergencia oriente. Santa Eulalia, como la mayor parte de los depósitos hidrotermales en México, está casi agotado. La exploración de nuevos yacimientos debe plantear una génesis bajo la cual se emplaza la mena. Obviamente, en la medida en que la hipótesis de origen sea correcta, el éxito irá aparejado en el descubrimiento de un nuevo yacimiento. La hipótesis predominante para la mayor parte de la mineralización hidrotermal incluido Santa Eulalia, relaciona una instauración vinculada estrechamente a la fusión de corteza oceánica Farallón con la cámara magmática que produce la mena primaria del depósito. En la Cuenca de Chihuahua, el reconocimiento de elementos tectónicos de antepaís y de traspaís con basamento de corteza continental y oceánica respectivamente, se adscriben a la Faja de Pliegues y Cabalgamientos de Sierra Madre Oriental. Ésto ofrece una hipótesis de procedencia más sencilla para Santa Eulalia y los yacimientos del centro-oriente de Chihuahua. De este modo, la identidad de tres elementos de antepaís (occidental, central y oriental) con basamento de corteza continental laureniana, y de dos de traspaís (oeste y este) con basamento de corteza oceánica acrecionada por distensión continental, estructuran los esfuerzos de compresión tangencial derivados del empuje por subducción de la Placa Farallón bajo la Placa de Norteamérica, cerrando las cuencas sedimentarias del centro-oriente de Chihuahua y la aparición subsecuente de cámaras magmáticas mineralizantes.

SE11-8

ZONEAMIENTO DE ALTERACIÓN DEL INTRUSIVO "LA ESPERANZA" EN EL MUNICIPIO DE VILLA AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Aragón Robles Alondra, González Vázquez Ángel Alexis, Bolívar Mata Roberto Carlos, Barrera Gómez Elizabeth, Chavira Muñoz Javier Andrés, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Enriquez Núñez María Georgina, Reyes Cortés Ignacio Alfonso y Arévalo Ruiz Juan Fernando
Universidad Autónoma de Chihuahua
a316031@uach.mx

El intrusivo La Esperanza se encuentra ubicado 260 km directamente al norte de la Ciudad de Chihuahua, en la carta EL CUARENTA H13-A56. Afloran varias unidades estratigráficas desde la Formación Cuchillo, que está compuesta por caliza de estratificación delgada con piritas diseminadas e intercalaciones de estratos de lutita. Está intrusiva por la granodiorita (ToGd) que genera una zona de hornfels. La Formación Benigno sobreyace de forma concordante y está conformada por caliza de estratificación mediana a gruesa, con intercalaciones de horizontes de lutita y a su vez está afectada por un pórfido riolítico (ToPR). También se presenta una zona de skarn de grosularita en los contactos con la caliza. En los afloramientos al norte de la carta, la caliza se observa parcialmente recristalizada y marmolizada, conformando una aureola de metasomatismo de contacto. La unidad (ToR) genera una aureola de metamorfismo de contacto, que se manifiesta como recristalización y marmolización de las rocas carbonatadas, así como hornfels con una ligera granatización en las formaciones Cuchillo y Benigno. Las rocas porfídicas de composición riolítica (ToPR) afloran en la parte centro y norte de la carta, en donde alteran selectivamente a la Formación Benigno porque se forman lentes de skarn. El objetivo intenta determinar los tipos de alteración y el zonamiento originados por las distintas pulsaciones de los intrusivos que se encuentran afectando a las formaciones sedimentarias de la región. Los intrusivos provocan un halo de metamorfismo formando zonas de hornfels y skarn sobre la Sierra La Esperanza. El desarrollo de skarn se asocia a depósitos minerales con potencial económico dependiendo del nivel de

mineralización en que se encuentre y que se caracteriza con la asociación de los minerales de alteración. El resultado se presenta a manera de un plano o mapa con la distribución de las alteraciones asociados a los cuerpos ígneos y las estructuras que distribuyeron los fluidos hidrotermales que afectaron las rocas dando las alteraciones y mineralizaciones actuales. Se hace hincapié en la distribución de los diferentes tipos de alteración y su distribución espacial dentro de la zona de estudio.

SE11-9

GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO DE LA SIERRA "LA ESPERANZA", VILLA AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Chavira Muñoz Javier Andrés, Aragón Robles Alondra, González Vázquez Ángel Alexis, Bolívar Mata Roberto Carlos, Barrera Gómez Elizabeth, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Enriquez Núñez María Georgina, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Reyes Cortés Ignacio Alfonso y Arévalo Ruiz Juan Fernando
Universidad Autónoma de Chihuahua
 a310890@uach.mx

Se hizo la fotogeología de una parte de la hoja EL CUARENTA H-13 A56, particularmente sobre los cuerpos intrusivos aflorando en las inmediaciones del rancho del mismo nombre, conocida también como la Sierra La Esperanza. Esta área de trabajo se ubica a 47 km al noreste del pueblo de Villa Ahumada en el centro norte del estado de Chihuahua. El intrusivo (pórfido riolítico) afectó a las rocas de alrededor, con un metasomatismo que dio origen a un potente skarn al sur de la Sierra la Esperanza. El objetivo involucra describir la mineralogía, textura y geoquímica del intrusivo (pórfido riolítico). El tipo geoquímico del intrusivo y las variaciones de las concentraciones de los elementos traza permitirán clasificar y describir estos intrusivos dentro de la franja de intrusivos alcalinos que atraviesan al estado de Chihuahua de norte a sur. Esto nos va ayudar para identificar también el tipo de mineralización asociada al skarn, ya que de los fluidos residuales del intrusivo y su contenido de volátiles es el que determina el origen y potencia de las estructuras de lo que viene siendo el skarn. Esta información se interpreta a partir de la geoquímica del intrusivo y es de vital importancia en su caracterización. El trabajo consiste en un reconocimiento del afloramiento del intrusivo y sus variaciones mineralógicas, petrográficas y de alteración. En un muestreo sistemático y análisis petrográfico y geoquímico. Los análisis geoquímicos serán hechos por el laboratorio regional del Servicio Geológico Mexicano en el estado de Chihuahua. El resultado se presenta a manera de las diferentes tablas de clasificación geoquímica de las rocas ígneas y un mapa de la distribución espacial en el estado de Chihuahua de los intrusivos y los tipos geoquímicos a que corresponden.

SE11-10

PROSPECCIÓN MAGNÉTICA DEL PROYECTO EL CUARENTA, AHUMADA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Bolívar Mata Roberto Carlos, Aragón Robles Alondra, González Vázquez Ángel Alexis, Chavira Muñoz Javier Andrés, Ruiz Trujillo Sergio Iván, Arenivar Sepulveda Erick Andrés, Barrera Gómez Elizabeth, Enriquez Núñez María Georgina, Reyes Cortés Ignacio Alfonso y Arévalo Ruiz Juan Fernando
Universidad Autónoma de Chihuahua
 bolivarr9@gmail.com

Ubicado a 29 km en línea recta con dirección NE desde el poblado de Villa Ahumada, se encuentra el Rancho El Cuarenta. En dicha zona se encuentran dos grandes estructuras ígneas que cortan en forma discordante la secuencia cretácica marina. En las cercanías de las rocas ígneas se han hecho trabajos de gambusinaje, consistentes en trincheras y pequeños socavones, durante algunos años, donde se han sacado valores de plomo, zinc y en menor cantidad algo de plata. El análisis geofísico de magnetometría a lo largo de las estructuras, plantea identificar zonas anómalas potenciales en el subsuelo. Se pretende levantar una serie de líneas geofísicas orientadas de tal manera que delimiten las estructuras potenciales de contener mineralización y el contraste significativo que muestre la existencia de zonas anómalas, las cuales podrán ser referentes a puntos de interés geológico-minero para la realización de nuevos prospectos, y al mismo tiempo dará mayor conocimiento sobre las zonas donde se han realizado las trincheras y socavones con mayor frecuencia. El resultado se espera obtener un mapa o plano con las distribución y orientación de las anomalías geofísicas y su interpretación con relación a las estructuras geológicas asociadas. Existen lineamientos orientados con las rocas ígneas que definen la estructura principal y a lo largo de las cuales se han desarrollado las actividades mineras de manera esporádica por gambusinos. No obstante, se ha estado sacando cantidades significativas de mineral en forma esporádica y de manera rudimentaria.

SE11-11

GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO DE TABALAOPA, ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Arévalo Ruiz Juan Fernando y Reyes Cortés Ignacio Alfonso
Universidad Autónoma de Chihuahua
 jarevalo@uach.mx

El acuífero de Tabalaopa, Aldama se aloja en los materiales que componen el subsuelo del valle del mismo nombre. Se ubica ligeramente al sureste de la

Ciudad de Chihuahua, es un valle de origen tectónico que está limitado, hacia el borde extremo oriental se encuentra la Sierra de Santo Domingo y hacia el extremo occidental la Sierra de Nombre de Dios. Ambas sierras se encuentran compuestas por calizas del cretácico a las cuales le sobreyacen conglomerados y rocas volcánicas. Las rocas que componen las sierras en el valle se encuentran ocupando el basamento a diferentes profundidades, ya que la tectónica imperante en la región ocasionó que se diera un fallamiento de tipo normal, las cuales surgieron por diferentes pulsaciones, lo que se tiene pensado es que en los espesores de los materiales granulares que componen el subsuelo alcanzan aproximadamente los 1500 y 2000 metros, la realidad es que de acuerdo con estudios de magnetometría aérea y utilizando el método eléctrico a través de sondeos eléctrico verticales y por la presencia de algunas captaciones de algunos pozos perforados en el valle, se puede deducir que existen entre la sierra de Nombre de Dios y la sierra de Santo Domingo ocupando en el subsuelo otros lineamientos u otras sierras alargadas de igual manera, y que tentativamente tienen un progreso o escalonamiento a partir de las sierras hacia el centro del valle, esto quiere decir que el espesor de los materiales no es el mismo en todo el valle, si no son diferentes siendo menor el espesor muy cerca de las sierras y mas potente el espesor en el centro. Algunos pozos que están ahí cortaron las rocas volcánicas a determinada profundidad y son pozos que están relativamente cerca de la sierra, estamos hablando de 4 o 5 km de distancia aproximadamente y hay pozos también que existen que están mas al centro y el espesor de material granular es mas potente, el cual no cortó la roca volcánica. El objetivo del presente estudio es determinar la geometría que se tiene del acuífero, se habla de que el acuífero está sobreexplotado y si se habla de cuanto entra por lluvia y cuanto se extrae por bombeo, tal vez podría tomarse así de manera directa. Pero en realidad se tienen espesores considerables de material granular todavía no explorados de mayor potencia a mayor profundidad y como muchas prioridades [materiales saturados] de construir acuíferos profundos que en un momento dado pueden llegar a dar solución a problemas de abastecimiento en la ciudad.

Sesión especial

**GEOCIENTÍFICOS DEL PRESENTE
INSPIRANDO A LOS DEL
FUTURO: UNA SESIÓN EN
LÍNEA AL ALCANCE DE TODOS**

Organizadores:

Miguel Ángel Rodríguez Domínguez
Manuel de Jesús Aguilar Velázquez
Luis Daniel Martínez Jiménez

SE12-1

EXPLORANDO NUESTRO PLANETA PARA DESCIFRAR SUS SECRETOS: EJEMPLO DE UN PROYECTO MULTIDISCIPLINARIO ENTRE MÉXICO Y JAPÓN

Plata Martínez Raymundo Omar¹, Ito Yoshihiro¹ y Cruz Atienza Víctor Manuel²
¹Kyoto University
²Instituto de Geofísica, UNAM
 plata.omar.48e@st.kyoto-u.ac.jp

En la gran inmensidad del universo el único lugar en el que el ser humano puede vivir es el planeta Tierra. Nuestro hogar, nos provee de todo lo necesario para vivir y sostener nuestra sociedad, como por ejemplo agua, oxígeno y los materiales requeridos para sustentar grandes ciudades. Aún cuando vivimos en el planeta Tierra, existen muchos aspectos de él que no entendemos y permanecen como un enigma para nosotros. Algunas de estas dudas representan peligros que nos ponen en riesgo a nosotros y a nuestro hogar. Mantener estas preguntas sin una respuesta nos alejan de una vida estable en la que podamos coexistir con el planeta. Sin embargo, las ciencias de la tierra son una de las alternativas para resolver estos misterios. Los geocientíficos viajan alrededor del planeta atravesando montañas, navegan los océanos e incluso observan desde el espacio al planeta. Todo esto para interpretar cada una de las pistas que el planeta nos brinda para entenderlo mejor. Cuando un geocientífico logra encontrar respuestas, sus resultados deben ser transmitidos a la sociedad para que puedan ser aprovechados adecuadamente. Esta plática, dirigida al público en general, tiene el objetivo de mostrar las diferentes etapas que atraviesa un geocientífico en su trabajo para descifrar alguno de los secretos del planeta tierra. Platicamos sobre un ejemplo en el cual científicos mexicanos y japoneses trabajan juntos, en un proyecto multidisciplinario enfocado a disminuir el riesgo de sismos y tsunamis en Guerrero, México.

SE12-2

GEOLATINAS: UNA COMUNIDAD SIN FRONTERAS PARA INSPIRAR A LA NUEVA GENERACIÓN DE GEOCIENTÍFICAS LATINAS

Mayorga Adame Claudia Gabriela¹, Millan Josue G.^{2,3}, Meneses-Gutiérrez Angela^{3,4}, Villarraga Carolina¹ y Caballero-Gill Rocio Paola^{3,5}
¹National Oceanography Centre, NOC
²Indiana State University
³GeoLatinas - Latinas in Earth and Planetary Sciences
⁴Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, Japan
⁵Brown University, RI, USA
 gmaya@noc.ac.uk

Latinas in Earth and Planetary Sciences (GeoLatinas) es una comunidad dedicada a promover, acoger y potenciar el trabajo y la investigación de las latinas, e inspirar a las generaciones actuales y futuras de latinoamérica a seguir carreras en las ciencias terrestres y planetarias. Somos una organización inclusiva, impulsada por sus miembros, que proporciona un ambiente constructivo para fomentar el liderazgo y desarrollar habilidades necesarias para destacarse en el ámbito profesional, como la escritura científica, la comunicación oral, retroalimentación, divulgación científica, trabajo en equipo, mentorías, y patrocinio. GeoLatinas nace de la necesidad de un espacio profesional actualizado a la sociedad globalizada utilizando herramientas virtuales para empoderar a la mujer latina y sus comunidades. Una de las principales metas de GeoLatinas y la razón de su fundación es promover la inclusión de los grupos tradicionalmente poco representados en el área de las geociencias. La falta de representación de las mujeres en la geociencia es una realidad, y aunque se han realizado esfuerzos recientes para cerrar la brecha de género, estamos lejos de lograr el equilibrio. Este problema se amplifica para las mujeres con herencia mixta o procedentes de países en desarrollo, que rara vez se encuentran representadas en roles de liderazgo en la academia y la industria. GeoLatinas aborda las necesidades críticas de sus miembros, lo que conduce a una mayor participación y retención de latinas en las geociencias. Nuestra organización tiene estructura circular y está compuesta de seis grupos interactivos: Comité Asesor, Junta Directiva, Colaboraciones, líderes regionales (Embajadoras), Consejo de Liderazgo y Equipos Locales. Cualquier miembro de GeoLatinas puede tomar parte de las iniciativas de nuestros seis comités, sea liderando o participando en ellas. A medida que capacitamos a nuestros líderes y voluntarios para que aprendan unos de otros, GeoLatinas proporciona un vehículo para conectarse con organizaciones tanto académicas como industriales. De esta manera, fortalecemos nuestros lazos con la comunidad científica en general, abriendo puertas para futuras oportunidades y colaboraciones, y permitiendo una mayor representación, inclusión y retención de latinas en nuestro campo. Desde su fundación en 2018 la comunidad de GeoLatinas ha ido creciendo y actualmente tiene más de 300 miembros activos y voluntarios en 29 países. En esta presentación detallaremos las iniciativas más recientes de GeoLatinas incluyendo medidas emergentes creadas durante la pandemia del COVID19 para fortalecer a nuestra comunidad, el nuevo grupo de tutorías de programación en Python y el nuevo blog de GeoLatinas.

SE12-3

JÓVENES POR LA CIENCIA Y DIPLOMACIA DEL TPCE

Juárez Alan
 Universidad del Sur de California
 alanjuar@usc.edu

El Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (TPCE) es un acuerdo internacional que prohíbe las explosiones nucleares en cualquier lugar de la Tierra. El Grupo de Jóvenes del TPCE (CYG por sus siglas en inglés) tiene como objetivo revitalizar la discusión entre políticos y la comunidad científica sobre la importancia de la prohibición de los ensayos nucleares. Aunque el Tratado no ha entrado en vigor, la Organización trabaja para que el Tratado sea una realidad. Los últimos años han sido complicados para la OTPCE, pues ninguno de los ocho países firmantes, que faltan para la entrada en vigor del Tratado, han mostrado interés en firmar o ratificar y las tensiones por el uso de armas nucleares se han intensificado. En este sentido, el Secretario Ejecutivo creó El Grupo de Jóvenes del TPCE para promover el Tratado y su entrada en vigor. Este grupo está abierto a todos los estudiantes y jóvenes profesionales que dirigen sus carreras a contribuir a la paz y la seguridad mundial, que deseen participar activamente en la promoción del TPCE y su régimen de verificación. Las actividades del CYG incluyen talleres de divulgación sobre Ciencia, Tecnología y Diplomacia para el monitoreo de ensayos nucleares. Los talleres abordan la historia de los ensayos nucleares, el Sistema Internacional de Vigilancia (SIV), el Centro Internacional de Datos, las Inspecciones In-situ y el uso de los datos del SIV en aplicaciones civiles y científicas. Adicionalmente, en teleconferencias con la sede de la OTPCE en Viena, los estudiantes pueden aprender sobre el trabajo de la Organización y los científicos y diplomáticos que en ella laboran. Este tipo de proyectos ayudan a aumentar la cantidad de miembros del Grupo de Jóvenes, promover proyectos multidisciplinarios entre ciencia y diplomacia e incrementar la conciencia sobre la importancia de la prohibición de ensayos nucleares.

SE12-4 PLÁTICA INVITADA

LA SISMOLOGÍA COMO UN BOLETO PARA VIAJAR AL CENTRO DE LA TIERRA

Pérez-Campos Xyoli
 Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
 xyoli@igeofisica.unam.mx

A unos días de haber iniciado mis estudios de secundaria, el 19 de septiembre de 1985, en la Ciudad de México vivimos el sismo más fuerte y catastrófico del siglo XX. Tras apreciar sus impactos en la colonia vecina y en mi propia escuela, en mí surgieron cuestionamientos sobre el fenómeno. Esto me llevó a estudiar sismología y en específico, la fuente sísmica, es decir, las características propias de la ruptura. Sin embargo, quizás mi primer recuerdo de la fascinación por el interior de la Tierra se remonta a la primaria, cuando quedé impactada por "El viaje al centro de la Tierra" de Julio Verne, yo quería vivir esas aventuras. Afortunadamente, después de dedicar seis años de estudios de posgrado enfocados a mejorar la estimación de la energía sísmica irradiada por un sismo, tuve la oportunidad de realizar mi posdoctorado en estructura sísmica, en específico, dilucidando la geometría de la placa de Cocos. Fue entonces que me enamoré del tema, creo en parte porque me permite realizar viajes imaginarios al interior de la Tierra, descubriendo en cada uno de ellos nuevas maravillas. Cada proyecto se convierte en una cruzada en búsqueda de Cocos y en explicar y entender las implicaciones de su presencia y su geometría, como lo son la presencia de volcanes y los grandes sismos. Hasta ahora, mi viaje más profundo ha llegado hasta los 710 km, pudiendo verificar el impacto de la placa de Cocos en la hidratación del manto. Veremos si algún día hago un viaje hasta el centro.

SE12-5 PLÁTICA INVITADA

¿POR QUÉ ESTUDIAR EL OCÉANO?

Pérez-Cruz Ligia
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 perezcruz@geofisica.unam.mx

Hay infinidad de razones para su estudio. El océano abarca más del 70% de la superficie de la Tierra, con profundidades de más de 11 mil kilómetros d y porque juega un papel esencial en el control del clima, ya que, por su gran capacidad calorífica, es el principal termorregulador del planeta, es un gran sumidero de dióxido de carbono, y tiene la capacidad de amortiguar, absorber y dispersar productos químicos. La biomasa que habita los océanos alimenta a miles de millones de personas en el mundo, siendo además el medio de importantes rutas para el comercio, recreación y defensa nacional. Los sedimentos y las rocas que tapizan el fondo oceánico son registros de la evolución de la Tierra y del clima; en él también se encuentran registros arqueológicos de la civilización humana. Un ejemplo de la importancia de las investigaciones oceanográficas es el comprender el papel que tiene el océano en el sistema climático de la Tierra, que implica: evaluar la influencia de la topografía del piso marino sobre la circulación oceánica, el almacenamiento y la redistribución del calor y del dióxido de carbono (CO2) en el océano, el intercambio de energía entre el océano y la atmósfera, los cambios biogeoquímicos que influyen en la absorción y la liberación de gases de efecto invernadero y, los efectos del cambio climático en los ecosistemas. Pero, el océano es extraordinariamente difícil

de describir y modelar. Son infinitas y complejas las variables y el muestreo a escalas regionales y globales, aún es poco. Cada año hay nuevos descubrimientos. Estudiar la biota, o las corrientes oceánicas, las características químicas de la columna de agua o los rasgos del piso oceánico, requieren el atravesar miles de metros a enormes presiones, en donde la luz no llega, y la temperatura es cercana a 4# C. Estas condiciones definen el desafío científico de la oceanografía. Si consideramos que México cuenta con un mar patrimonial de 3,269,386 km² y 11,122 km de litorales (sin incluir el territorio insular) en el Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe, esto presupone un reto nacional enorme para las investigaciones en ciencias del mar y la necesidad de la formación de profesionales y especialistas en estas disciplinas.

SE12-6 PLÁTICA INVITADA

CAZANDO LAS TORMENTAS: INVESTIGACION SOBRE LA CONVECCIÓN ATMOSFÉRICA

Adams David
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
dave.k.adams@gmail.com

Mi interés científico nació de mi fascinación con las tormentas, particularmente tormentas eléctricas. En los desiertos del sur de California, las tormentas eléctricas no son muy comunes, pero cuando ocurren te dejan maravillado con el espectáculo de sus relámpagos. Cuando entré a la universidad, estudié geografía física, lo que me permitió ampliar mucho mis conocimientos de las Ciencias de la Tierra. Al mismo tiempo, estudié español y portugués para expandir mis horizontes. Conforme avanzaba en mis estudios, regresé a mi interés original en las tormentas y completé mis estudios en física atmosférica, enfocándome en la convección y termodinámica. En mi carrera he trabajado con modelos numéricos, teoría y observaciones, siendo esto último mi principal interés. Para enlazar mi investigación en la convección atmosférica con mis estudios del español y portugués, decidí avanzar mi carrera científica en América Latina, comenzando en Brasil. En la Amazonia, donde viví casi 5 años, desarrollamos una nueva técnica para estudiar la evolución temporal y espacial de tormentas convectivas. Utilicé redes de receptores GPS y el atraso en las señales de los satélites para medir la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera, una variable crítica para entender las tormentas. En los últimos 8 años, he aplicado esta técnica en varios experimentos internacionales en el noroeste de México y más recientemente en Costa Rica en 2019. Con la preocupación actual sobre el calentamiento global, el estudio de la atmósfera se ha vuelto aun más urgente. De la misma manera, con la preocupante degradación de los recursos naturales, el estudio de las Ciencias de la Tierra sigue siendo crítico.

SE12-7

EL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE MONITOREAR EL NIVEL DEL MAR EN MÉXICO?

Gómez-Ramos Octavio
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
octavio@geofisica.unam.mx

En esta charla de divulgación se presentarán las actividades desarrolladas por el Servicio Mareográfico Nacional (SMN), haciendo un énfasis especial en las razones por las cuales es importante el monitoreo del nivel del mar. Para ilustrar esto, se presentarán una serie de ejemplos de los fenómenos que se han podido estudiar gracias a los datos del SMN, los cuales incluyen tsunamis, marea de tormenta, meteotsunamis, efectos del cambio climático y deslizamientos de corteza terrestre. El objetivo de esta charla no es solo concientizar acerca de la importancia del monitoreo del nivel del mar en México, si no también motivar a los geocientíficos del futuro para la realización de estos estudios.

SE12-8

GEOCIENCIAS PLANETARIAS: VULCANISMO EN MARTE Y ANÁLOGOS TERRESTRES

Sámamo-Albarrán Ricardo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
cheekyheartache@gmail.com

El vulcanismo es un fenómeno geológico global descrito como la manifestación de la energía interna de la Tierra que principalmente afecta a zonas inestables de la corteza terrestre, sin embargo, la Tierra no es el único planeta en donde existe el vulcanismo; dentro del Sistema Solar existe una diversidad de procesos volcánicos en los distintos planetas. Un caso particular es Marte, que cuenta con las estructuras volcánicas más grandes del Sistema Solar; el vulcanismo de Marte ha sido estudiado con diversas herramientas y se han generado múltiples hipótesis de su origen y evolución. Debido a su peculiar tectónica, se puede estudiar a Marte como un análogo de la Tierra primitiva. Reconstruir la historia de Marte ayuda a generar nuevas hipótesis sobre la evolución planetaria y la búsqueda de vida, de aquí la importancia de su estudio, así como de otros planetas del Sistema Solar y de Exoplanetas. Esta plática esta dirigida a todos aquellos enamorados de los temas espaciales, destacando el papel de las geociencias y su importancia, así como de

lo apasionante que puede llegar a ser el estudio planetario, usando como ejemplo a Marte y las misiones espaciales en la actualidad.

SE12-9 CARTEL

LA INICIATIVA SEISMOLOGY IS THE WAVE: UN USO ALTERNO DE LAS REDES SOCIALES

Aguiar-Velázquez Manuel J.¹, Rodríguez-Domínguez Miguel Ángel¹, Martínez Jiménez Luis Daniel², Esquivel-Mendiola Leonarda I.¹ y Espinosa-Kuswara Diego³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

manuel.aguiar.411@gmail.com

La ciencia debe dejar de verse como algo ajeno a la vida cotidiana para conocerla, entenderla y sobre todo saber que no es aburrida. En consecuencia, debe ser accesible para todo tipo de público, mediante el uso de un lenguaje no técnico, que puede incluir desde memes hasta cápsulas informativas. Las redes sociales, dada su versatilidad, manejo de información y alcance, han demostrado ser una herramienta eficiente para transmitir conocimiento al público en general y grupos específicos, ya que son de fácil acceso. A través de la iniciativa "Seismology is the Wave", estamos llevando la divulgación de la sismología e incentivando a las nuevas generaciones a darle seguimiento, invitando a los colegas a extrapolarlo al resto de las Ciencias de la Tierra.

Sesión especial

MODELACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL Y CORDEX

Organizadores:

Tereza Cavazos

Rosa Luna

Gabriela Colorado

Abraham Torres Alavez

SE13-1

LOS CAMBIOS EN CULTIVOS Y SUS CONSECUENCIAS CLIMÁTICAS

Salas Martínez Fernando¹, Valdés Rodríguez Ofelia Andrea¹ y Méndez Pérez Juan Matías²¹El Colegio de Veracruz, El Colver²Universidad Veracruzana
fersamtz@gmail.com

La extracción y utilización de combustibles fósiles para la generación de energía ha ocasionado graves cambios ambientales, por lo que se requiere implementar fuentes alternativas como lo son los cultivos biocombustibles, aunque dichos cultivos también podrían causar alteraciones climáticas en las regiones donde se establezcan. El objetivo del presente estudio fue analizar las modificaciones en temperatura y precipitación derivada de la introducción de tres cultivos bioenergéticos: caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), jatropha (*Jatropha curcas* L.) y moringa (*Moringa oleifera* Lam.), en la región central del estado de Veracruz, México, mediante las simulaciones del Modelo Climático Regional RegCM4. Se implementó el modelo para realizar cuatro simulaciones en el estudio de la temperatura ambiente y precipitación: una por cada cultivo y el control (condiciones actuales). Se valoraron cuatro condiciones de cambio de uso de suelo: cultivo mixto, árboles perennes, bosque mixto y agricultura de riego. El modelo se evaluó mediante análisis comparativo entre simulaciones y datos observados, usando el error cuadrático medio (ECM) y la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RECM) como medidas de dispersión. El modelo RegCM4 encontró que las mayores diferencias en la zona de estudio serían generadas si se implementa el cultivo de caña de azúcar, teniendo un descenso de la temperatura de hasta 0.7°C, a ocurrir en zonas donde actualmente se tienen otros cultivos o vegetación natural. Por su parte, se tiene que con los cultivos de jatropha y moringa solo se tendría una modificación del 0.3°C. Con respecto a la precipitación, el sesgo aumenta en las simulaciones al momento de un cambio altitudinal marcado o pronunciado, por lo que se encontraron deficiencias en este modelo. La implementación de cultivos como jatropha o moringa con fines bioenergéticos resulta una alternativa de bajo impacto con respecto a la variabilidad climática. Caso contrario con la caña de azúcar, la cual resulta ser el cultivo con mayores cambios con respecto a las condiciones climáticas donde se encuentre.

SE13-2

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON MEXICAN VITICULTURE

Castillo Natalia y Cavazos Tereza
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
bcastillo@cicese.edu.mx

Some regions of Mexico and USA are recognized internationally for the production of high-quality wines. Wine grapes grow in climates where the mean annual temperature oscillates between 12 to 22°C. Recent studies have suggested that wine viticulture could be affected by climate change by shifting poleward or to higher altitudes the current wine grape-growing regions. We identified and analyzed these regions in Mexico and in California using different climatic indices relevant to grapes. For the analysis, we used two regional climate models: i) the new version of the International Centre for Theoretical Physics Regional Climate Model (RegCM4) and ii) the Rossby Centre Regional Atmospheric Climate Model (RCA4), driven by ERA-Interim and several General Circulation Models. We analyzed 30-years intervals using 1981-2010 as the historical reference, and near (2021-2050) and far (2070-2099) future periods under low (RCP2.6) and high (RCP8.5) emission scenarios focusing on the grapes' growing season (April–October) of the Northern Hemisphere. We characterized the Mediterranean viticulture areas on the western side of the North American continent (from Baja California to California), and the semiarid viticultural regions on the high elevations of central and northeast Mexico. The historical evaluation shows that the growing season precipitation (GSP) is well reproduced in the Californias by RegCM4, while temperature and heat units show a warm bias. In contrast, RCA4 reproduces well temperature and heat units, while GSP shows a wet bias over the mountain of Baja California. Both models suggest that in the near future the heat units may increase (above the limit of 2700°D), but all regions will continue suitable for viticulture. By the end of the 21st and under the RCP8.5, the percentage area with suitable conditions to grow wine grapes may be reduced (53%) due to a high increase of heat units, with major reductions in the high plateau of Mexico.

SE13-3

INTERANNUAL VARIABILITY OF THE BOREAL WINTER SUBTROPICAL JET STREAM AND TELECONNECTIONS OVER THE CORDEX-CAM DOMAIN DURING 1980-2010

Luna Niño Rosa Beatriz y Cavazos Tereza
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
rluna@cicese.edu.mx

The interannual variability of the boreal winter (DJF) subtropical westerly jet stream (STJ) is analyzed over the Coordinated Regional Downscaling Experiment – Central America, Mexico and Caribbean domain (CORDEX-CAM) during 1980-2010. We use

simulations with the regional climate model RegCM4 at 25 km resolution driven by ERA-Interim (RegERA) and downscaled experiments forced by three global models (RegGCMs). The simulations are evaluated using winds at 200 hPa level from MERRA2 and ERA-Interim, which show very similar results. Despite some biases, RegERA captures the STJ variability and its relationship with some teleconnection indices. During El Niño and +PNA (Pacific North America), the North Pacific jet exit region and the North Atlantic jet show well-defined latitudinal profiles with maximum speeds equatorward of their climatological positions. When these conditions occur, there is a single STJ from the North Pacific to the North Atlantic. This is represented by the first mode of variability of the North Pacific circulation, which is linked to the longitudinal extension of the STJ, while over the North Atlantic the leading mode represents the latitudinal migration of the jet, which is positively (negatively) correlated with the Arctic Oscillation and the North Atlantic Oscillation (PNA and ENSO). RegGCM simulations capture better the principal modes of the Atlantic jet variability than those of the Pacific jet exit region. Temperature and precipitation anomalies respond to the variability of the STJ polarities and their interaction with the teleconnections.

SE13-4

TENDENCIAS DE ÍNDICES DE LLUVIA DIARIA E INTERCOMPARACIÓN DE BASES DE DATOS EN MALLA PARA MÉXICO Y EL SUR DE ESTADOS UNIDOS

Colorado Gabriela y Cavazos Tereza
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
colorado@cicese.edu.mx

Se analizaron tendencias de 15 índices diarios de lluvia para México y sur de Estados Unidos para las estaciones extendidas de invierno (nov-mar) y verano (jun-oct) durante el periodo 1981-2010. El análisis considera 2 bases de datos de observaciones en malla (CHIRPS y Livneh), cuatro reanálisis (ERA5, ERA-Interim, MERRA2, y CFSR), Simulaciones con el modelo climático regional RegCM4.7 (forzado con Era-Interim) y cuatro Modelos de Circulación General (GCMs) del CMIP5 (HadGEM2-ES, CNRM-CM5, MPI-ESM-MR, y GFDL-ESM2M). El dominio fue dividido en 13 regiones con patrones de lluvia similares utilizando el algoritmo de k-means, el cual fue aplicado a los datos mensuales de lluvia de CHIRPS. La intercomparación se basó en los ciclos anuales de lluvia, correlaciones, medianas y tendencias lineales de lluvia. Las observaciones en malla y reanálisis (O&R) muestran ciclos anuales similares, pero tienen grandes diferencias en los índices diarios de lluvia en las regiones más lluviosas del dominio (Sur de México). Durante el verano, O&R y RegCM4 muestran tendencias positivas en varios índices de lluvia extrema en regiones comúnmente afectadas por ciclones tropicales (Baja California sur, noreste de México, y sureste de Estados Unidos). En invierno, existe un consenso en O&R en la disminución de la frecuencia e intensidad de extremos de lluvia extrema en el noroeste de México, mientras que en el sureste se observan incrementos. El RegCM4.7 captura el ciclo anual de la mayoría de las regiones, así como la señal principal de las tendencias en ambas estaciones. Los GCMs reproducen los patrones de lluvia del ciclo anual, aunque tienden a subestimar la lluvia en verano en el sur de México y sobreestimarla durante el invierno en el norte. Respecto a los índices diarios, los GCMs tienden a subestimar la intensidad de los índices extremos de lluvia en las regiones tropicales y además tuvieron problemas para capturar el signo de las tendencias de lluvia en ambas estaciones.

Sesión especial

HERRAMIENTAS GEOFÍSICAS PARA IMPULSAR EL DESARROLLO DE ENERGÍAS LIMPIAS

Organizadores:

Claudia Arango Galván

Marco Calò

Marco Antonio Pérez

Diego Ruiz Aguilar

SE14-1 PLÁTICA INVITADA

EL MÉTODO MAGNETOTELÚRICO COMO HERRAMIENTA PARA LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Romo-Jones José Manuel¹, Gómez Treviño Enrique¹,
Ruiz Aguilar Diego¹ y Arango Galván Claudia²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
²Instituto de Geofísica, UNAM
jromo@cicese.mx

La conductividad eléctrica es una de las propiedades físicas de las rocas que depende de su contenido de fluidos, particularmente de la movilidad y de las propiedades químicas de los mismos. Por otra parte, los sistemas hidrotermales son los recursos geotérmicos que más se aprovechan hoy en día como fuentes de energía limpia para generar electricidad o para el uso industrial del calor geotérmico. El método magnetotelúrico (MT) utiliza el campo electromagnético (EM) natural que se difunde en el subsuelo para detectar la distribución de la conductividad eléctrica en el subsuelo. En particular, al ancho espectro de la fuente EM natural permite alcanzar una mayor profundidad de exploración, comparado con otros métodos geofísicos sensibles a la conductividad eléctrica. Por esta razón el MT constituye una herramienta muy utilizada para la exploración de recursos geotérmicos, de hecho una buena parte del desarrollo de la metodología se debe a motivaciones y problemas derivados de la exploración geotérmica. En este trabajo revisamos algunos conceptos básicos y discutimos varias de las mejoras propuestas en los últimos años. Presentamos algunos ejemplos de su utilización en exploración geotérmica y exponemos las principales ventajas y limitaciones que hoy en día enfrenta esta metodología.

SE14-2

INVERSIÓN TRIDIMENSIONAL LATERALMENTE RESTRINGIDA DE TIEMPOS DE VIAJE DE ONDAS SUPERFICIALES

Cruz Hernández Favio y Gallardo Delgado Luis Alonso
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
fcruz@cicese.edu.mx

Tradicionalmente, el estudio del interior de la Tierra a través de métodos sísmicos había empleado la propagación de ondas sísmicas generadas por fuentes individuales identificables, tales como explosivos químicos, vibradores mecánicos, pistolas de aire y temblores. En los últimos 15 años ha surgido una alternativa que hace uso de campos difusos en sismología, que incluyen ruido sísmico ambiental o la coda sísmica para explorar o monitorear cambios en las propiedades elásticas de la Tierra (Vp, Vs, Qp, Qs). Es notable que, a pesar de más de una década de su desarrollo, la mayoría de los esquemas de inversión de tiempos de viaje de ondas superficiales emplean una técnica basada en la inversión unidimensional completamente independiente para cada punto de observación en superficie. Nosotros diseñamos una metodología de dos etapas que invierte tiempos de viaje de ondas superficiales Rayleigh a diferentes periodos para estimar la distribución 3D de la velocidad de onda S. En la primera etapa se estiman mapas de dispersión de velocidad de grupo o fase completamente acoplados usando teoría de rayos. En la segunda etapa se aplica un esquema de gradientes conjugados no-lineales para estimar la distribución tridimensional de Vs usando los mapas de dispersión, su covarianza lateral y la teoría 1D de ondas superficiales. La metodología de dos fases es validada con un modelo sintético tipo tablero de ajedrez así como con datos reales empleando una red temporal de 12 estaciones sísmicas que fueron instaladas en los alrededores del campo geotérmico de Cerro Prieto y que operó durante tres meses. Los resultados muestran similitud con los modelos conceptuales del campo geotérmico reportados en la literatura y con estudios geofísicos recientes.

SE14-3

CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA GEOTÉRMICO EN EL EJIDO URUAPAN A PARTIR DE DATOS ELÉCTRICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS

Morales Mora Jacqueline, Pérez Flores Marco Antonio y Ruiz Aguilar Diego
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
jmorales@cicese.edu.mx

En la zona del Ejido Uruapan, ubicada en el municipio de Ensenada, Baja California, se reportan manantiales termales con temperaturas en superficie que varían entre 40° y 60°C, por lo que se le considera como una zona con potencial geotérmico. Como primera etapa del programa de exploración geotérmica se decidió realizar un levantamiento de datos geofísicos, en donde se adquirieron 8 perfiles de Corriente Directa (DC) y Polarización Inducida (IP), 7 sondeos audiomagnetotelúricos (AMT) y 4 Transitorios Electromagnéticos (TEM). Los perfiles de DC e IP tienen una longitud de 450 m; se utilizaron los arreglos Dipolo-Dipolo (DD), Wenner (WN) y Schlumberger (SC), con una separación eléctrica de 10 m. Los sondeos audiomagnetotelúricos se realizaron con dipolos eléctricos de 50 m y las señales fueron grabadas en un rango de frecuencia de 10 Hz a 100 kHz. Los sondeos TEM fueron adquiridos usando una configuración de bobina central con área efectiva de 30 x 30 m² para el Tx y de 100 m² para el Rx. Primeramente, se realizó

la inversión 3D de los datos DC, así como la inversión 2D de los datos de IP. Después se procedió a aplicar la inversión 1D de los datos TEM; los modelos inversos obtenidos a partir de los datos TEM se tomaron como base para realizar la corrección por corrimiento estático de los datos AMT. Posteriormente, se llevó a cabo la inversión 1D de los datos AMT corregidos utilizando las técnicas de Occam y Marquardt. Por último, se realizó la inversión 3D de los datos AMT corregidos. Previo a la interpretación, se muestra el análisis de sensibilidad de los parámetros de los modelos inversos obtenidos. Finalmente, los modelos inversos son correlacionados con la información geológica y geoquímica de la zona de estudio. De esta manera, se concluyó que el área de estudio muestra rasgos característicos asociables a los elementos de un sistema geotérmico, como son la presencia de estructuras conductoras relacionadas con zonas de alteración hidrotermal, zonas de resistividades intermedias que podrían correlacionarse con el reservorio geotérmico y estructuras de alta resistividad que se asocian al basamento. Además, se identificó la estructura geológica que controla el movimiento de los fluidos geotérmicos en el Ejido Uruapan, la cual se asocia al sistema de falla de Agua de Blanca.

SE14-4

EXPLORACIÓN MAGNETOTELÚRICA EN LA CUENCA WAGNER: EVIDENCIA DE UNA CÁMARA MAGMÁTICA Y CIRCULACIÓN HIDROTÉRMICA

Avilés Esquivel Thalia Anaïd¹, Flores Carlos¹, Reyes Ortega Valeria²,
Constable Steven², Gómez Treviño Enrique¹ y González Fernández Antonio¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
²Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego
tavilesequivel@gmail.com

Diferentes estudios geofísicos y geológicos sugieren que la Cuenca de Wagner podría ser una zona con potencial geotérmico. Por lo anterior en el 2015 se recolectaron 10 estaciones magnetotelúricas en el norte del Golfo de California donde se estimó la resistividad eléctrica del subsuelo utilizando inversión en dos dimensiones. Los resultados muestran una zona conductora en la parte más profunda de la cuenca Wagner, la cual se interpretó como una región donde existe fusión parcial. Además, en seis sitios se realizó una correlación entre la resistividad en los primeros 100 m de profundidad y las mediciones cercanas de flujos de calor, encontrando una correlación positiva. Estos resultados muestran que el método magnetotelúrico marino puede ser utilizado para mapear recursos geotérmicos fuera de costa.

SE14-5 PLÁTICA INVITADA

PRINCIPALES LOGROS ALCANZADOS POR EL PROYECTO BINACIONAL MÉXICO-UE, GEMEX: "COOPERACIÓN MÉXICO-EUROPA PARA LA INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS MEJORADOS Y SISTEMAS GEOTÉRMICOS SUPERCALIENTES"

López Hernández Aida¹, Gutiérrez-Negrín Luis², Garduño-Monroy Víctor Hugo¹, Arango Galván Claudia³, González-Partida Eduardo⁴, Hernández-Ochoa Abel⁵, Aragón-Aguilar Alfonso⁶, Bruhn David⁷, Liotta Domenico⁸, Jolie Egbert⁹, Hersier Gylfi Pall¹⁰ y Peter Lies⁹

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
²Geoconsul
³Instituto de Geofísica, UNAM
⁴Centro de Geociencias, UNAM
⁵Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
⁶GeoForschungsZentrum
⁷Universidad de Bari, Italia
⁸Iceland GeoSurvey
⁹TNO, Netherlands
aidalopher@gmail.com

El proyecto GEMex representa un esfuerzo intercontinental para estudiar sistemas geotérmicos no convencionales. Se eligieron dos zonas en México para ser estudiadas, Los Humeros y Acoaculco, ambas en el estado de Puebla. El campo geotérmico de Los Humeros se eligió para desarrollar un Sistema Supercaliente debido a las altas temperaturas mayores a los 400°C que se registraron en algunos pozos perforados por la CFE. En la zona geotérmica de Acoaculco, Pue., el objetivo consistió en llevar a cabo un protocolo de estudios encaminado a diseñar una prueba de estimulación en un pozo ya perforado por la CFE, para que en el futuro esta institución analice la posibilidad de desarrollar un sistema geotérmico mejorado. Para tener una imagen integral del funcionamiento del sistema hidrotermal en los Humeros y definir la zona de fluidos supercríticos de alta entalpía y del funcionamiento del sistema de roca seca caliente en Acoaculco, se realizaron estudios, de tipo geológico, vulcanológico, petroológico, estructurales, hidrogeológicos, geoquímicos de fluidos, de mineralogía hidrotermal, de gravimetría, de magnetometría, magnetotelúricos, métodos de inversión, de sísmica pasiva, petrofísicos y simulaciones numéricas. Asimismo, se estudiaron diferentes materiales sometidos a corrosión y erosión en un pozo de Los Humeros donde los fluidos son muy agresivos. En el caso de la geofísica, el objetivo consistió en localizar fallas profundas que controlan la circulación de los fluidos. Después de 3 años de iniciado el proyecto se tienen importantes resultados que contribuyen

a aportar criterios de innovación para el desarrollo de ambas zonas geotérmicas. En Los Humeros se definió una zona prioritaria donde podrían encontrarse fluidos supercríticos de muy alta entalpía a mayor profundidad de la que convencionalmente la CFE perfora. En el caso de Acoculco se definieron los sistemas de fallas que pueden conectarse a la zona del pozo cuando se realice su estimulación y para ello se monitoreará la sismicidad a fin de interpretar lo que ocurre en el subsuelo en tiempo real. En las 2 etapas que faltan para concluir el proyecto se deberá integrar la información y realizar modelos que expliquen el funcionamiento de ambos sistemas geotérmicos. Se espera que con la metodología implementada en este proyecto, nuestro país tenga más herramientas para desarrollar otras zonas con estas características similares y con ello incrementar la generación de electricidad o hacer factible el uso de esta fuente de energía renovable para usos directos. Se agradece a CFE por las facilidades otorgadas para la realización de los trabajos.

SE14-6

INTERPRETACIÓN DE LOS MODELOS 3D DE DENSIDAD Y MAGNETIZACIÓN EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE ACOCULCO

Carrillo López Jonathan y Pérez Flores Marco Antonio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
jonathan.carrillo.unam@gmail.com

Se presentan los resultados de la interpretación geofísica de los modelos 3D de densidad y magnetización obtenidos a partir de inversión conjunta en la zona geotérmica de Acoculco. Este trabajo se encuentra en el marco del Proyecto "Cooperation in Geothermal energy research Europe-Mexico for development of Enhanced Geothermal Systems and Superhot Geothermal Systems" (GEMex). En total se utilizaron 1483 datos de gravedad tomados a lo largo de caminos terrestres en la zona de estudio. Para el modelado se procesaron los datos hasta obtener la anomalía residual de Bouguer. Para la separación regional-residual se utilizó un ajuste a un polinomio de segundo grado. Para el modelado magnético se utilizaron 19584 estaciones de datos aeromagnéticos que siguieron trayectorias NS cada km, y líneas de amarre EW cada 10 km, de forma similar a los datos de Humeros. Los modelos regionales de densidad y magnetización muestran una estrecha correlación con los rasgos estructurales de la zona. La densidad muestra cambios abruptos a lo largo de las fallas Chignahuapan (NE-SW) y Acoculco (NW-SE). El borde de la caldera Acoculco se encuentra alineado con un cuerpo de alta densidad que correspondería a un cuerpo ígneo intrusivo. Por otro lado, en el modelo de magnetización se observa un cuerpo regional magnético muy bien delimitado por las fallas Chignahuapan (NE-SW), Acoculco (NW-SE), Apan Tlálloc (NE-SW) y Las Lajas (NW-SE). La falla Apan-Tlálloc se alinea además con un corredor de baja magnetización y la caldera Acoculco está delimitada por el borde de una zona de alta magnetización. En la zona somera, y de especial relevancia para fines de exploración geotérmica, se encontró una fuerte asociación entre los cambios de densidad y magnetización en el cruce de la Falla Azufres y la Falla Pedernales, en la región donde se encuentran los dos pozos perforados hasta la actualidad. Los bajos contrastes de magnetización observados en las Fallas Pedernales y Azufres, podrían estar asociados a alteración hidrotermal, como se ha observado en otros campos geotérmicos del mundo. Estos valores bajos de magnetización se observan en rebanadas horizontales someras (de 0 a 2 km de profundidad), pero desaparecen a mayor profundidad.

SE14-7

MODELO 3D ANISÓTROPO DE VS PARA EL COMPLEJO VOLCÁNICO LOS HUMEROS, USANDO TOMOGRAFÍA DE RUIDO SÍSMICO

Granados Chavarría Iván¹, Calò Marco¹ y Figueroa Soto Ángel²
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
igranadosc@igefisica.unam.mx

El Complejo Volcánico Los Humeros (CVLH), localizado en el extremo oriente de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), alberga uno de los mayores campos geotérmicos de México. Esta caldera volcánica se compone de dos colapsos: Los Humeros (principal) y Los Potrereros (secundario). El campo geotérmico actualmente produce 90 MW de energía, y consta de dos reservorios: uno somero predominantemente líquido, entre 1.2 y 1.7 km de profundidad, y otro de fase mixta, entre 1.9 y 2.7 km de profundidad. Diversos estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos han descrito detalladamente la estructura somera de esta caldera, así como el sistema hidro-geológico. Sin embargo, la parte profunda (> 3 km de profundidad) y la(s) fuente(s) de calor se encuentran aún en debate. Como parte del consorcio internacional México – Unión Europea (GEMex), en 2017 se instaló una red sísmica (25 sensores de banda ancha y 20 de periodo corto) por poco más de un año dentro y fuera del CVLH, con el fin de monitorear y caracterizar la estructura profunda de la caldera de Los Humeros. En este estudio presentamos el modelo 3D anisótropo de Vs para el CVLH, obtenido con la tomografía de ruido sísmico. A partir de un riguroso pre-procesamiento y control de calidad de los datos (sincronización de los registros y orientación de los sensores), reconstruimos las funciones de Green para ondas de Rayleigh y de Love. Las curvas de dispersión de las velocidades de fase y de grupo fueron obtenidas entre 0.5 y 9 s con

el software NDCP. Con base en la densidad de rayos para cada periodo, se calcularon los mapas 2D de Vs empleando mallas con diferentes tamaños de celda. Finalmente, obtuvimos los modelos a profundidad de Vsv y Vsh empleando surf96. Nuestros modelos recuperan confiablemente las estructuras someras de la caldera y el reservorio geotérmico, compartiendo muchas similitudes con modelos geológicos y geofísicos previamente descritos con diferentes metodologías (por ejemplo, sondeos magnetotélúricos, tomografía pasiva tiempos de viaje, gravimetría, etc.). Así mismo, identificamos dos cuerpos profundos de baja velocidad: 1) el primero entre 3 y 7 km de profundidad, y 2) desde 11 km de profundidad hacia abajo. Estas regiones coinciden con dos zonas de almacenamiento de magma fundido, como parte de un sistema magmático tipo "tubería" (magmatic plumbing system), recientemente propuesto con base en estudios petrológicos. Este trabajo fue desarrollado dentro del marco del consorcio México - Unión Europea GEMex (Cooperation in geothermal energy research Europe-Mexico, PT5.2 N: 267084, financiado por CONACYT-SENER: S0019, 2015-04).

SE14-8

MODELOS SÍSMICOS DEL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUEBLA CON MÉTODOS DE INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS SÍSMICOS ACTIVOS Y PASIVOS

Calò Marco¹, Figueroa Soto Ángel², Cruz-Hernández Stephani¹, Carmen Luis Fernando³, Granados Chavarría Iván¹, De la Rosa Espinosa Brenda¹, Angulo Carrillo Joel⁴, Toledo Tania⁵, Gaucher Emmanuel⁶ y Jousset Philippe⁵
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
³IPN, Instituto Politécnico Nacional, México
⁴SSN
⁵GFZ-Potsdam, Germany
⁶KIT, Karlsruhe Institute of Technology, Germany
calo@geofisica.unam.mx

En el marco del proyecto colaborativo entre México y Europa para el desarrollo de la energía geotérmica en México, GEMex, se instaló una red de 45 sismómetros en el campo geotérmico de Los Humeros, desde septiembre 2017 hasta octubre del 2018, con el fin de estudiar, caracterizar y monitorear el campo geotérmico. Los primeros modelos sísmicos tridimensionales de velocidad de ondas de volumen generados con esta información permitieron describir la estructura del campo hasta 4-5 km de profundidad, demostrando la importancia de contar con una red densa de estaciones y de calidad para llevar a cabo estudios eficientes de caracterización de los reservorios geotérmicos. En este trabajo se presenta una actualización de estos modelos gracias al acceso de información sísmica adicional proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad. Los modelos de velocidades sísmicas de las ondas P y S se actualizaron con la información de los registros de 6 estaciones operadas por la CFE que estuvieron registrando la misma sismicidad observada por la red de GEMex. Además, se utilizaron los tiempos de primer arribo relativos a 4 líneas sísmicas de reflexión adquiridas al final de los años noventa. La resolución y la confiabilidad alcanzada por estos modelos ha permitido hacer un análisis detallado de los patrones de velocidad y proporcionar una imagen de la caldera hasta 4-5 km de profundidad que puede ser usada para una mejor planeación de las actividades de la planta geotérmica. Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACYT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084. Se agradece a la CFE por permitirnos el acceso al campo geotérmico, así como por la colaboración para compartir datos sísmicos, finalmente agradecemos a F. Poletto por el procesamiento preliminar de datos de sísmica activa.

Sesión especial

RESILIENCIA COSTERA

Organizadores:

Paulo Salles Afonso de Almeida

Nuno Simoes

V. Sophie Avila Foucat

Alec Torres Freyermuth

SE15-1 PLÁTICA INVITADA

TRANSDISCIPLINARY SCIENCE, CREATIVE RECOMMUNICATION AND THE INTEGRATION OF RESEARCHER, STAKEHOLDER AND PRACTITIONER EXPERTISE TO SUPPORT RESILIENCE ALONG BARRIER ISLAND COASTLINE

Moore Laura J.
University of North Carolina / Coastal Environmental Change Lab
laura.moore@unc.edu

Because coastal barriers are low-lying and dynamic landforms, they are especially sensitive to changing environmental conditions. The effectiveness of storms in building elevation and moving the sandy part of a barrier landscape landward, as conditions change, is largely determined by foredune morphology, which is a product of feedbacks between vegetation and sediment transport processes. For example, the cross-shore and alongshore shape of coastal foredunes is influenced by the distance from the shoreline that vegetation can grow, the lateral and vertical growth rate (and form) of dune-building grasses, and the rate of lateral vegetation growth relative to the rate of shoreline change. As a result, coastal foredune morphology largely determines barrier state (including the possibility for bistable dynamics) and, thus, the degree to which connectivity with back-barrier marsh and bay environments will influence overall barrier system response to changing conditions. Developed barrier islands are tightly coupled systems driven by feedbacks between human and natural dynamics. Storms and other natural processes that create, maintain, and reshape barrier islands and ecosystems impact coastal communities. Adaptive decisions made in response to extreme storm events generate near-term human benefits, but they can alter ecological and physical processes in ways that affect how landforms and ecosystems change over time, often increasing long-term risks to natural and built environments. As the strong feedbacks between human and natural dynamics on shorter timescales cascade over decades, strategies that are adaptive at the timescale of extreme events can be maladaptive on longer timescales, especially in the presence of rising sea level. Creative ways of communicating an understanding of how coastal systems will likely evolve in the future under different climate and management scenarios, for example through narrative that engages emotion, or participatory modeling activities, have the potential to enable understanding and inspire changes in behavior that can, in turn, affect the evolution of the coupled human-natural coastal system. Engaging researchers, stakeholders and practitioners in the co-production of research agendas, and the translation of transdisciplinary science into actionable guidance for policy and decision makers, as the Collaboratory for Coastal Adaptation over Space and Time (C-CoAST) seeks to do, also have the potential to increase coastal resilience in the future allowing as communities become more aware of their role in altering the evolution of the ecosystems and landscapes on which they rely.

SE15-2

CAMBIOS EN LA LÍNEA DE COSTA DE ISLA DEL CARMEN, MÉXICO (1993-2020)

Trujillo Córdova Jorge Alfredo¹, Gallegos Fernández Sandra Angélica¹, Coello Rondón Claire¹, Ovalles Cruz Héctor¹, Carrillo Ruiz Diana¹, Uribe-Martínez Abigail² y Cuevas Eduardo²
¹Centro de Investigación de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma del Carmen
²Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio de Ecología Espacial y del Movimiento, Universidad Autónoma del Carmen
jorgeatc89@gmail.com

La Isla del Carmen se ubica en el sur del Golfo de México y forma parte del sistema estuarino lagunar Laguna de Términos, dentro del área natural protegida con el mismo nombre. La dinámica de su línea de costa responde a factores naturales y antropogénicos, configurando zonas con grandes acreciones y otras de pérdida de playas y vegetación de especies protegidas, entre otros efectos. Esta zona se caracteriza por la extensa cobertura de manglar y otras asociaciones vegetales de la región, contexto de la existencia del Jardín Botánico Regional Carmen (JBRC). El objetivo de este trabajo fue delimitar la línea de costa de la isla y del perímetro del JBRC, así como evaluar sus cambios en un período de 26 años (1993-2020). Se delimitó la línea de costa a partir de fotografías aéreas (1993-2002) e imágenes satelitales Landsat 7 y 8, Sentinel-2 (2010-2020). Los cambios en la línea de costa y JBRC se evaluaron con la herramienta DSAS (Digital Shoreline Analysis System). Se estimó el cambio neto de la línea de costa, y se calcularon métricas del paisaje (área, perímetro, índice de longitud de borde, número de parches y fractalidad) para los parches de vegetación e islotes. La mayor zona de acreción se registró en la porción marina de la isla (201.15 m), mientras que en la porción lagunar se detectó una erosión máxima de 150.3 m. En el JBRC la mayor pérdida de vegetación fue de 2010 a 2020 (276.5) debido al crecimiento urbano, pero también se observaron sitios de ganancia de cobertura vegetal de 61.7 m al norte de sus inmediaciones, como parte de la creación de su área de colección de especies y debido a cambios en la línea de costa (promedio=9.3 m; D.E. +5.6 m). Respecto a los parches de vegetación asociados al JBRC la mayor cobertura fue en 1993 (57.1 ha) junto con el mayor perímetro (10,757 m), mientras que la longitud de borde fue mayor en 1994 (22,102 m), y el número máximo de parches y dimensión fractal (6.01) se registraron en 2020. Los islotes alrededor de la isla tuvieron los valores máximos de cobertura (862.5 ha), perímetro (90,919.4 m), longitud de borde (115,050 m), número de islotes (54) y la dimensión fractal (59.74) en 1994. La acreción máxima en la porción suroeste de la

isla se sugiere está influenciada por condiciones oceánicas y por construcciones de la API Carmen. En cambio, la mayor erosión se identificó en el norte-noreste de la isla, influenciada posiblemente por el puente de "La Unidad" y la hidrodinámica de esa zona. Se aportan elementos tangibles y actualizados que permitirán enfrentar retos de conservación y establecer planes de restauración de ecosistemas en la región para una gestión integrada de la zona costera.

SE15-3

LA PLANEACIÓN ESPECIAL MARINA COMO UNA HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA RESILIENCIA DE LAS COMUNIDADES COSTERAS: CASO DE ESTUDIO EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Morzaria Luna Hem Nalini¹, Turk Boyer Peggy¹, Polanco Mizquez Elia¹, Downton Hoffmann Caroline¹, Cruz Piñón Gabriela¹, Carrillo Lammens Tonatiuh¹, Loaiza Villanueva Rene¹, Valdivia Jiménez Paloma¹, Sánchez Cruz Ángeles¹, Barajas Acosta Nélida¹, Peña Mendoza Valeria¹, Montserrat López-Ortiz Ariadna², Dorantes Hernández José Manuel³, Koch Volker⁴, Vázquez Vera Leonardo⁵, Arreola-Lizárraga José Alfredo⁶, Amador-Castro Imelda G.⁷, Suárez Castillo Alvin N.⁷ y Munguía Vega Adrián^{1,8}

¹CEDO Intercultural

²Departamento de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur

³Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

⁴Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y Educativa Superior de Ensenada, CICESE

⁵The Nature Conservancy

⁶Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Campus Guaymas Comunidad y Biodiversidad, A.C., COBI

⁸Desert Laboratory on Tumamoc Hill, University of Arizona hemnalini@cedointercultural.org

La planificación espacial costera y marina (CMSP) sirve como una herramienta para la gestión basada en el ecosistema, donde las actividades humanas se asignan en el espacio y el tiempo para cumplir objetivos ecológicos, económicos y sociales. Describimos la implementación de un proceso de CMSP en Sonora, México, donde se construyó una estructura de gobernanza de múltiples niveles con una participación transparente e inclusiva de los interesados en los procesos de toma de decisiones para abordar los crecientes conflictos y problemas de gestión. Esta estructura de gobernanza incremento el capital social de las comunidades costeras y su resiliencia ante impactos futuros. En su primera fase, el proceso se centró en las actividades de pesca artesanal, el principal impulsor económico de la región. La estructura de gobernanza incluía un Grupo Intercomunitario de Pescadores (IFG), un equipo técnico de base, un comité asesor técnico y un grupo central de autoridades gubernamentales relevantes para la gestión pesquera. Juntos, estos actores desarrollaron diferentes herramientas de gestión de la pesca para organizar las actividades pesqueras de once especies explotadas por la pesca artesanal. Los pescadores fueron elegidos para representar a sus comunidades en el IFG y se comprometieron a través de talleres para analizar la información. Las actividades de creación de capacidad y la comunicación extensiva ayudaron a garantizar una amplia cobertura y comprensión de los objetivos del corredor costero y las herramientas de gestión propuestas. Estas herramientas de gestión incluían una red de refugios pesqueros, áreas de gestión local, cuotas de captura y propuestas para regular el esfuerzo pesquero; fueron diseñadas usando una variedad de enfoques de modelado que combinaron la mejor ciencia disponible con el Conocimiento Ecológico Local. Las herramientas de gestión se modificaron en función de los comentarios de los diferentes actores. Finalmente, el plan de manejo integrado se evaluó para determinar el impacto en la pesca y los servicios y funciones de los ecosistemas y se presentó una propuesta formal a las agencias gubernamentales. Actualmente estamos definiendo indicadores para medir la efectividad de la gestión. Si esta propuesta se implementa legalmente, involucrará a las partes interesadas en la toma de decisiones y la planificación espacial del Corredor Costero, al tiempo que mejorará los medios de vida de los pescadores y aumentará la resiliencia de las comunidades costeras.

SE15-4

RECICLANDO DUNAS: LA RESTAURACIÓN DE LA DUNA COSTERA PARA AUMENTAR LA RESILIENCIA DEL LITORAL

Aguilar Mena Baruch, Ramírez Juárez Adriana, Pérez Sánchez Omar Esteban, Perea Méndez Luis Manuel, Pérez Rivera Estela Alejandra, Sánchez Ramos Erika, Simoes Nuno, Guadarrama Chávez Patricia, Mendoza González Gabriela y Vidal-Hernández Laura
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
baruchaguilar@ciencias.unam.mx

Las dunas costeras proveen varios servicios ecosistémicos considerados por el Millennium Ecosystem Assessment (MEA); siendo uno de los principales y más relevantes el de protección, ya que funcionan como barrera física protectora de la infraestructura costera (incluyendo casas, hoteles, carreteras, entre otras) del aumento en la marea y de las ráfagas de viento originadas por eventos hidrometeorológicos. En Yucatán, los ciclones tropicales y huracanes son eventos periódicos que afectan las costas, y la protección que pueden ofrecer las dunas costeras se ha visto limitada debido a la fragmentación del paisaje. El ecosistema dunar establecido a lo largo del litoral yucateco ha sido deteriorado debido al paso

de vehículos motorizados, a la deforestación que conlleva el crecimiento urbano y los desarrollos turísticos, la apertura de caminos para tener un fácil acceso a la playa y los basureros clandestinos. Con el objetivo de aumentar la resiliencia del sistema playa-duna en Sisal, Yucatán, se lleva a cabo el proyecto de restauración de duna costera titulado "Reciclando Dunas" el cual tiene como meta reforestar 5,500m² de la duna fragmentada a través de las siguientes acciones: trasplante de 11,000 ejemplares de plantas nativas de la región; delimitación y protección de 1,000 m² de área para propiciar la regeneración natural de la duna; reutilización de 500 kg de envases de PET para emplearlos como: a) charolas de germinación y macetas para el cultivo de ejemplares, b) como material para la construcción de un invernadero y c) como material para la realización de talleres de educación ambiental en la comunidad. Esta última actividad tiene como objetivo promover la cultura del reciclaje y aumentar la valoración que tienen los habitantes hacia el ecosistema. De diciembre de 2019 a marzo del 2020, se han trasplantado ejemplares de más de 15 especies y un total de 2,000 individuos nuevos de la duna costera con un éxito de supervivencia mayor al 80%, se ha delimitado un área aproximada de 400 m², se han llevado a cabo cinco talleres ambientales y una campaña de limpieza de playa y duna. La restauración activa de las dunas costeras en México y el trabajo en conjunto con las comunidades costeras, la comunidad científica y las autoridades locales son un factor clave para asegurar la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la resiliencia costera.

SE15-5

RESILIENCIA DE NEGOCIOS DE TURISMO COSTERO EN YUCATÁN ANTE LA PANDEMIA DEL CORONAVIRUS

De Yta-Castillo Diana^{1,y2} y Vidal-Hernández Laura²¹ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM
dianadeyta3@gmail.com

Según la OMT (2020), el 80% de la actividad turística del mundo se realiza en las costas. Cada año, millones de turistas se desplazan a las zonas costeras para disfrutar de sus recursos naturales, con lo cual generan una importante derrama económica en los sitios que visitan. El turismo costero donde comunidades humanas, instituciones y organizaciones, recursos naturales y servicios ecosistémicos interactúan, se retroalimentan y co-evolucionan, es un excelente ejemplo de socioecosistemas que funcionan como sistemas complejos susceptibles a cambios (Becken, 2013; Reddy et al., 2020). El turismo es un sector económico altamente vulnerable a shocks y a estresores ambientales y socio-económicos como demandas comerciales, crisis económicas y pandemias de salud, como la del coronavirus en este año (Calgaro et al., 2014; Reddy et al., 2020). En particular, el turismo costero está especialmente expuesto a los efectos del cambio climático y del calentamiento global, así como a la posibilidad de falta de movilidad segura de los turistas. Los estudios sobre resiliencia en el turismo se han enfocado principalmente en la resiliencia ambiental/ecológica de los sistemas de turismo (Orchiston et al., 2016); pero, pocos estudios se han abocado a estudiar la resiliencia de las organizaciones en el sector turístico. De hecho, ésta se considera un área emergente de estudio (Orchiston et al., 2016) de creciente relevancia, ya que las organizaciones representan una importante inversión humana, de infraestructura y financiera, proveen servicios, flujo de dinero y empleo a un número significativo de pobladores de las comunidades costeras (McManus et al., 2008). La habilidad de las organizaciones de operar en tiempos de adversidad es un elemento significativo para la recuperación y salud de las comunidades en donde se asientan (McManus et al., 2008). Por tanto, la resiliencia de las comunidades está ligada a la resiliencia de las organizaciones; ambas son interdependientes y caras de la misma moneda (Lee et al., 2013). Para la costa de Yucatán, México, el desarrollo de turismo asociado a ecosistemas costeros se ha considerado una alternativa productiva ante la disminución de las ganancias derivadas de la pesca comercial en las comunidades (PDU Yucatán 2012-18); sin embargo, el modelo de desarrollo extensivo y altamente dependiente de una actividad productiva podría estarse repitiendo ahora con el turismo. Esta condición se pone de manifiesto explícitamente con la presencia del coronavirus, lo cual reta nuevamente la resiliencia de los negocios de turismo, ya que su permanencia ante la ausencia de turistas se ve amenazada. Por lo cual, es necesario desarrollar estudios cuantitativos que exploren las variables que pueden conducir a la resiliencia de un negocio turístico. A nivel mundial, son pocos los estudios de esta naturaleza; por ello, para México se propone realizar un estudio cuantitativo que analice factores como el capital social, humano y financiero como variables que pueden explicar la resiliencia en negocios de turismo formales e informales asociados a arrecifes rocosos y coralinos, y a zonas de humedad en la costa de Yucatán.

SE15-6

OBSERVATORIO PARA EL ESTUDIO DE LA RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO DEL ACUÍFERO COSTERO DE YUCATÁN

Pacheco Castro Roger, Salles Afonso de Almeida Paulo y Canul-Macario César
Instituto de Ingeniería, UNAM
rpachecoc@ingen.unam.mx

El estado de Yucatán posee un acuífero kárstico costero que es comúnmente definido como un lente de agua dulce flotando sobre agua salada. La relación

entre el acuífero de Yucatán y la costa es tan estrecha que no se pueden estudiar por separado. Por ejemplo, se tiene que la intrusión salina afecta la calidad y disponibilidad de agua en el acuífero, y por otro lado, la descarga natural de agua del acuífero a la costa aporta cantidades importantes de agua para los ecosistemas costeros así como nutrientes y otros contaminantes que el agua pueda adquirir al moverse por el continente. El acuífero de Yucatán es de gran importancia para la población del estado, desde tiempos de la civilización maya, porque es y ha sido la fuente principal de abastecimiento para la población. Es por estas razones que el Observatorio Costero para la Resiliencia en Sisal, Yucatán, parte de la red de observatorios del LANRESC, realiza estudios para mejorar el entendimiento de la interacción entre el acuífero costero y el mar, así como sentar las bases para estudios de resiliencia de la costa y del acuífero costero en Yucatán. En esta plática se muestran resultados obtenidos en el entendimiento de la compleja dinámica entre el acuífero y el mar, basados en mediciones y simulaciones numéricas.

SE15-7

ESTRESORES E INDICADORES EN LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA COSTERA DEL SOCIOECOSISTEMA DOS BOCAS-PARAÍSO-MECOACÁN, TABASCO, MÉXICO. OBSERVACIONES DE CAMPO, RETOS Y PERSPECTIVAS.

Hidalgo Gema, Lagunas Magdalena, Andrade Mercedes, Esqueda Karina, Popoca Pavel, García Rodrigo, Ruiz Ismael, Tobón Nidia Ivonne, Rincones Karla Margarita, De la Cruz Jonathan, García Christian Guadalupe y Muñoz Ana Nereida
Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C.
gema.hidalgo@cogs.mx

El Estado de Tabasco concentra el 35% de los escurrimientos de agua de México, como parte del segundo mayor sistema fluvial de Norteamérica, el Grijalva-Usumacinta, cuya cuenca contiene la mayor extensión de humedales costeros del país, con importancia indiscutible por sus funciones y los servicios ecosistémicos que provee. Con el transcurso de los años, el uso de plaguicidas en la agricultura y otros contaminantes derivados de las acciones de la industria petroquímica han provocado daños ecológicos en los ecosistemas costeros. Con el escenario actual de construcción de una refinería junto al puerto Dos Bocas, el correspondiente incremento de la actividad industrial y portuaria en el área, el crecimiento demográfico y de infraestructura costera, en un contexto de rezago educativo de las comunidades que habitan en el socioecosistema Dos Bocas-Paraíso-Mecoacán, no debe perderse de vista la resiliencia de dicho sistema para afrontar los cambios pasados, presentes y futuros, absorber las perturbaciones manteniendo su estructura, dinámica y funcionalidad. Teniendo en cuenta además la vulnerabilidad de esta zona a inundaciones y que en la misma confluyen e interactúan cuantiosos recursos naturales y económicos, el Grupo de investigación para el Proyecto LANRESC en el CCGS emprende acciones y estudios para profundizar en los aspectos ecológicos y socioeconómicos de este sistema con una perspectiva transdisciplinaria. En 2019 se abordó esta problemática a partir de un análisis del estado del clima y sus proyecciones bajo cambio climático, el análisis geológico del paisaje, el estudio de parámetros fisicoquímicos y del fitoplancton con énfasis en especies potencialmente tóxicas y nocivas, de la diversidad de macrofauna bentónica y de peces (actual e histórica), así como la accesibilidad espacial a servicios de hospitalización para los habitantes del municipio Paraíso, la caracterización socioeconómica de dicho municipio y de aspectos socioambientales ante el cambio climático, tomando como caso de estudio a la comunidad del puerto Chiltepec para el análisis de percepción social sobre cambio climático y modificaciones ambientales en el ecosistema costero-laguna adyacente. Esta información, unida a la recabada en 2018 sobre la identificación de los sistemas de suministro y demanda energéticos, características de los consumidores y logística de recuperación ante eventos de perturbación significativos, funcionan como insumos para evaluar las condiciones del socioecosistema y para el análisis de vulnerabilidad y riesgos en aspectos climáticos, biológicos y socioeconómicos. El acercamiento a las condiciones del socioecosistema, abordado mediante la identificación de los componentes que permitan hacer una evaluación de su resiliencia, contribuye a comprender acciones de divulgación y concienciación en cuanto a esta temática, aportando datos cuantitativos necesarios para la gestión y el manejo de los recursos costeros. Se avanza en la implementación de este Observatorio Costero para la Resiliencia, con la actualización del mapa conceptual de sus principales componentes, estresores e interacciones, la elaboración de su tarjeta de reporte, así como el monitoreo para la evaluación de impactos y shocks, umbrales y trayectorias, y la adecuación de índices socioecológicos.

SE15-8 PLÁTICA INVITADA

EL PAPEL DE LA RESILIENCIA SOCIO-ECOLÓGICA EN EL MANEJO DE LA ZONA COSTERA

Rivera Arriaga Evelia
Instituto EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche
eveliarivera@gmail.com

Como resultado de los impactos del cambio climático, las comunidades costeras alrededor del mundo están tratando de adaptarse a las condiciones cambiantes en las costas y océanos como la acidificación del mar, la elevación del nivel del mar, mayor número y fuerza de las tormentas tropicales y el decremento de los recursos naturales y servicios ambientales. Una adaptación natural considera una

ingeniería costera que puede poner en peligro la preservación del status quo. Sin embargo, en el largo plazo, las zonas costeras necesitarán transitar a enfoques basados en resiliencia ecológica, esto es, al manejo de la zona costera que permita que las comunidades costeras amortigüen y se adapten a los cambios, más que a que los resistan, y el marco legal será crítico en facilitar esa transición. Las investigaciones están señalando la habilidad de las leyes para promover resiliencia socio-ecológica ante un clima cambiante, pero esto en la ley mexicana no se ha reflejado al abarcar su papel potencial en ayudar a crear nuevas normas para la resiliencia socio-ecológica. Se propone que México al adoptar el manejo costero integrado puede incluir técnicas para incorporar resiliencia socio-ecológica para adaptarse a cambios ambientales y sus impactos.

SE15-9

DINAMICA OCEANOGRÁFICA DE LA ZONA COSTERA CAMPECHANA

Kurczyn Robledo Jorge Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jkurczynr@iingen.unam.mx

De 2017 a 2019 se instalaron 3 correntímetros acústicos y se llevaron a cabo 5 campañas oceanográficas en embarcaciones menores, a lo largo de la costa campechana. Con ello fue posible recabar información de la variación de las corrientes marinas a profundidad, la distribución termohalina, de clorofilas y nutrientes. La zona de estudio se localiza en la región oeste de la plataforma costera de Yucatán, caracterizada por ser un mar somero y tropical afectado por gradientes importantes de precipitación/evaporación, con aportes de agua dulce continental. Adicionalmente a esta variación, esta región se ve afectada también por eventos atmosféricos importantes como los "Nortes" y por el aporte de las aguas de surgencia, ocurridas frente a la costa de Yucatán. La costa campechana es una zona marina rica en diversidad biológica, donde confluyen distintos intereses socio-económicos impulsados por la pesca y la extracción de hidrocarburos. Este trabajo intenta describir la dinámica físico-química del plataforma costera de Yucatán, a partir de observaciones directas, con el objetivo de mejorar nuestro conocimiento sobre los procesos oceanográficos de la región.

SE15-10

PERFIL DE RESILIENCIA URBANA DEL MUNICIPIO DE BAHÍA DE BANDERAS, NAYARIT: ELABORACIÓN A ESCALA LOCALIDAD

Chavarin Urrutia Zarai Araceli, Tello Luján Daniela Alejandra, Guzmán Jiménez Adriana, Martínez Sánchez Beatriz Eugenia, Dueñas de la Rosa Pedro, Robles Solís José Ramón, Ortega Sotelo Samantha y Guerra Olvera Nadia Guadalupe
Instituto Municipal de Planeación de Bahía de Banderas, Nayarit, IMPLAN Ba de Ba
zarachavarin@gmail.com

A 30 años de la creación del municipio de Bahía de Banderas, el dinamismo poblacional y territorial ha sido tema de estudio a nivel estatal, federal e internacional en distintos temas; con relación a la planeación urbana y gestión integral del riesgo, el municipio en el 2000 registró una población de 59,621 habitantes y para el periodo del último censo poblacional INEGI del 2010 se registraron 124,077 habitantes, lo que representó una tasa de crecimiento del 7.1%, la tasa más elevada históricamente del municipio, ya que, para el conteo intercensal realizado en el año 2015, la población municipal se estimó en 150,250 habitantes, disminuyendo la tasa de crecimiento a 4.1%. En ese periodo, el municipio destacó por ser una ciudad dormitorio, donde la mayoría de la población trabajaba en el municipio vecino de Puerto Vallarta predominantemente en el sector terciario por la creciente afluencia turística y en un lapso de 10 años, conforme la afluencia turística del propio municipio incrementaba con ello y de manera proporcional, surgió un crecimiento acelerado y desordenado de la mancha urbana e intensificación significativo de la densidad poblacional, ejerciendo presión elevada en la demanda de servicios básicos, aparición de asentamientos irregulares, zonas con medio a alto grado de marginación, contaminación del ambiente y un alto índice de vulnerabilidad. Para lograr un municipio ordenado, sustentable y resiliente, el primer desafío a vencer fue recabar y homologar la información necesaria para la toma de decisiones del municipio, lo cual, como una buena práctica para el municipio, se logró la certificación bronce del ISO 37120 Ciudades y comunidades sustentables del WCCD (2019), lo que permitió dar certeza con criterios internacionalmente reconocidos de los datos utilizados en los análisis para la integración de instrumentos como es el caso del Perfil de Resiliencia Urbana del Municipio de Bahía de Banderas (PRUBB), el cual con la colaboración del Dr. Oscar Frausto Martínez de la Universidad de Quintana Roo, La Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESCLIM), el Observatorio Urbano Riviera Maya, estudiantes y docentes de la Universidad de Guadalajara, se realizó un diagnóstico de la capacidad de respuesta de la ciudad ante un fenómeno perturbador, a través del análisis del sistema natural, económico, de infraestructura y sistema de gobernanza, con apego a metodología nacional e internacionalmente aceptada. Cabe resaltar que el PRUBB es el único instrumento de su tipo a nivel nacional que analizó a escala localidad el municipio con la participación de más de 10 mil habitantes de todas las localidades, construyendo 10 ejes y 44 indicadores, incluyendo un capítulo de COVID-19 y concretando medidas de adaptación y mitigación para los diferentes sectores de la ciudad, que favorecen el anticipar y tener una pronta

recuperación y respuesta ante distintos niveles de riesgo y guiar los esfuerzos de las autoridades para diseñar lineamientos y estrategias en la toma de decisiones que contribuyan a mejorar la calidad de vida, prosperidad, inclusividad y resiliencia de los bahiaberenses

SE15-11

CONECTIVIDAD MARINA Y SU IMPORTANCIA EN LA RESILIENCIA DE ECOSISTEMAS COSTEROS

Mayorga Adame Claudia Gabriela¹, Polton Jeff¹, Holt Jason¹, Harle James¹ y Rossi Vincent²
¹National Oceanography Centre, NOC
²Institut Méditerranéen d'Océanologie
gmaya@noc.ac.uk

Los ecosistemas marinos son muy dinámicos en comparación con su contraparte terrestre, ya que la mayoría de los organismos están a merced de las corrientes, por lo menos en algunas etapas de su ciclo de vida. La conectividad se refiere a las conexiones existentes entre hábitats fraccionados (i.e. arrecifes de coral, manglares, sustrato rocoso) debido al transporte de huevos, larvas y juveniles en las corrientes marinas y es de vital importancia para el mantenimiento de poblaciones y ecosistemas resilientes. En muchas regiones costeras la marea es un factor dominante y es responsable de la conectividad a escalas espacio-temporales cortas. Presentaré una metodología novedosa para estimar la conectividad debido a la circulación de marea, basada en el análisis armónico y que no requiere realizar experimentos de seguimiento de partículas. Los resultados que se generan son útiles para estimar la dispersión de especies de duración larval corta, similares a los periodos dominantes de marea. Los cambios en los patrones de circulación, temperatura del agua, y estratificación provocados por el cambio climático impactarán los patrones de conectividad en los mares costeros, afectando a las poblaciones de organismos marinos y sus ecosistemas. Investigamos este fenómeno en el Mar del Norte realizando experimentos de seguimiento de partículas en modelos regionales de circulación oceánica con predicción de cambio climático (NEMO AMM7 ReCICLE ensemble) y aplicando un método de análisis de clústeres que identifica provincias oceanográficas altamente interconectadas. Nuestro objetivo de determinar si es probable que las fronteras oceanográficas persistentes se modifiquen en escenarios climáticos futuros y cuáles serían las repercusiones ecológicas.

SE15-12

MECANISMO DE INVERSIÓN DE FLUJO E INTRUSIÓN DE AGUA SALINA EN OJOS DE AGUA E IMPLICACIONES DE LA RESILIENCIA DEL ACUÍFERO COSTERO DE YUCATÁN

Salles Afonso de Almeida Paulo, Pacheco Castro Roger, Canul-Macario César, López-González José y Rey Sánchez Wilmer
Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros
psallessa@iingen.unam.mx

La Península de Yucatán encierra un gran acuífero kárstico, el cual está confinado cerca de la costa. Hay lugares donde este confinamiento se fractura creando manantiales (u ojos de agua) que descargan en humedales o lagunas poco profundas, lo cual es importante debido a los ecosistemas de agua dulce que se desarrollan a su alrededor (conocidos como Petenes) y porque proporcionan un equilibrio termohalino en estos sistemas. Estudios anteriores informaron que durante la bajamar de marea viva, el manantial pasa de ser una fuente a ser un sumidero, lo cual se traduce en una inversión del flujo en el canal del Petén que conecta la laguna con el ojo de agua. Potencialmente, esta inversión del flujo puede causar la intrusión de agua salobre y a veces hipersalina, desde la laguna hasta el acuífero, lo que también puede tener implicaciones ecológicas y de salinización del acuífero. La inversión del flujo se observó en dos campañas de muestreo y ocurrió un total de 16 veces. En la última campaña de muestreo, se confirmó que el manantial se convierte en un sumidero con velocidades de agua medidas de aproximadamente 0.37 m/s en el extremo del canal cerca del manantial. Los resultados preliminares sugieren que la inversión del flujo está controlada por la descarga del acuífero, el confinamiento del acuífero, la geometría de la laguna y el canal de entrada, así como las mareas. Para explicar este fenómeno, se desarrolló una solución analítica 1D simple para el acuífero confinado. La solución tiene la ventaja de que se puede usar con condiciones de contorno más generales y sistemas de longitud finita. Finalmente, presentamos coeficientes que pueden usarse para determinar en qué condiciones el flujo se invierte en la laguna. Igualmente, se presentan algunas implicaciones de dicho fenómeno sobre la salud ambiental y la resiliencia del acuífero costero en condiciones actuales y futuras de variaciones del nivel del mar y la precipitación.

SE15-13

RECUPERACIÓN PARCIAL DE LA PLAYA EL HOLLY EN PUERTO VALLARTA, JALISCO DESPUÉS DE UNA TORMENTA INVERNAL

Sandoval Hernández Erika y Carrillo González Fatima Maciel
 Universidad de Guadalajara, UdeG, CUCosta
 akiresanher@yahoo.com.mx

Durante el invierno del 2019 la presencia de olas altas generaron que se acumulara arena en la entra del Rio Pitillal. El primero de enero del 2020 se presentó una tormenta en la zona de puerto Vallarta y de la cuenca del rio, generando que la descarga rompiera la barra de arena frente a la boca del rio y erosionando la playa El Holly. En el presente trabajo se realizaron mediciones topográficas de la zona de playa sub área semi seca antes y después del evento de erosión. Las mediciones muestran una recuperación parcial de la playa de manera natural en un periodo de mes.

SE15-14

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL IMPACTO DE TORMENTAS EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN

Mayor Vives Martí¹, Medellín Gabriela², Appendini
 Albrechtsen Christian M.², Cerezo Mota Ruth² y Jiménez José³
¹Universidad de Barcelona
²Universidad Nacional Autónoma de México
³Universidad Politécnica de Cataluña
 mayorvives@gmail.com

La costa norte de Yucatán sufre un incremento de la población y como consecuencia un aumento de la presión antrópica. Este hecho provoca una degradación de los ecosistemas que ofrecen una protección natural contra tormentas. La estimación de la cota de inundación y la geomorfología de la playa nos permite evaluar el impacto por tormentas en esta zona. A través de un downscaling numérico, utilizando los modelos SWAN y SWASH, y mediciones de campo se ha estimado la cota de inundación y el impacto por tormenta asociado a distintos periodos de retorno según la escala de Sallenger (2000) en cuatro localidades de la costa yucateca con distinto grado de antropización. Para caracterizar la geomorfología, se realizaron mediciones topobatómetricas en cada sitio durante el verano de 2019. La cota de inundación se estimó a partir de datos de reanálisis de oleaje de 25 años generados a partir de campos de viento del modelo climático regional PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) asociados a condiciones actuales (1980-2004) y futuras de acuerdo al escenario de cambio climático RCP 8.5 (2030-2054). Las condiciones de oleaje a 10 km de la costa son similares a lo largo de la costa norte de Yucatán y éstas no se ven afectadas significativamente por los efectos del cambio climático. Por lo tanto, las diferencias en el impacto por tormenta encontradas dependen principalmente del grado de conservación del sistema playa-duna. Un buen conocimiento de la cota de inundación y de la geomorfología de la playa a lo largo del tiempo pueden permitir a las autoridades competentes tomar decisiones que permitan y favorezcan una buena gestión del territorio. Agradecemos al Instituto de Ingeniería de la UNAM (proyecto interno 9601) y al CONACYT (proyectos APN-4890 y CB-284819) por financiar este trabajo, así como a Gonzalo Martín Ruiz por su apoyo en cómputo y a José López González y Juan Alberto Gómez Liera por su apoyo en las campañas de campo.

SE15-15

RESILIENCIA ESPECÍFICA EN LA CUENCA COSTERA DE COPALITA, MÉXICO

Avila-Foucat Sophie, Mokondoko Pierre y Zamora Hilda
 Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM
 savila_1@yahoo.com.mx

La trayectoria de las cuencas costeras ha sido poco estudiada desde el enfoque de resiliencia de socioecosistemas. En las cuencas costeras confluyen procesos biofísicos y socioeconómicos que muchas veces se estudian de manera simultánea pero no de manera integrada, es decir analizando las interacciones. Dichas interacciones determinan umbrales del sistema que son diferentes a los umbrales biológicos o económicos de manera separada. Es por ello que este trabajo presenta el estudio de la resiliencia específica a través de un modelo de dinámica de sistemas que vincula cambios de uso del suelo, servicios ecosistémicos, producción agrícola, y elementos de gobernanza en la cuenca costera de Copalita. En particular los cambios en los servicios hidricos tienen repercusiones en los arrecifes de coral. Este trabajo muestra retos metodológicos y conceptuales en el estudio de la resiliencia costera.

SE15-16 PLÁTICA INVITADA

COSTAS LISTAS: MANEJO COSTERO, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Calzada Vázquez Vela Alejandra
 WWF
 acalzada@wwfmex.org

Los recursos marinos y costeros de la región del Arrecife Mesoamericano proveen servicios ecosistémicos esenciales, sostienen sectores económicos clave (pesca y turismo), apoyan los medios de vida de más de dos millones de personas y contribuyen a la protección de las comunidades costeras ante los efectos adversos del cambio climático. Al mismo tiempo, sus costas están entre las regiones más vulnerables a los impactos del cambio climático y el manejo de estos recursos, incluyendo las áreas naturales protegidas y los marcos de desarrollo costero, no toman en consideración adecuadamente principios y opciones de adaptación. Existe la necesidad de fortalecer las capacidades de las comunidades costeras y los gobiernos para integrar escenarios de cambio climático y opciones de adaptación en los procesos de toma de decisiones participativas que puedan informar el manejo de las áreas naturales protegidas y las políticas de desarrollo y manejo costero. El proyecto "Costas Listas" busca establecer principios de adaptación al cambio climático en el manejo de áreas marinas protegidas y políticas de desarrollo costero en los países del Sistema Arrecifal Mesoamericano con miras a mejorar las capacidades de adaptación de las comunidades costeras de la región. Con una base científica que incluye la generación de proyecciones de cambio climático (temperatura máxima y promedio de la atmósfera, patrones de precipitación, aumento del nivel del mar) y modelos de servicios ecosistémicos (protección costera, pesquerías y turismo), el proyecto identificó una serie de medidas de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas que tienen el potencial de reducir la vulnerabilidad de la población. Además, la selección de dichas medidas incluye un proceso de optimización para maximizar sus beneficios. Una vez identificadas, priorizadas y consensuadas las medidas, el proyecto contempla su integración en diferentes marcos de política pública, con lo cual se busca su implementación en el largo plazo. Además, se busca mejorar las capacidades de diferentes grupos de actores en materia de adaptación al cambio climático. Además, se compilarán las mejores prácticas para integrar criterios de cambio climático en la política para el manejo de recursos marinos y costeros y se compartirán en foros a nivel nacional, regional y global. El proyecto tiene como objetivo permitir la institucionalización de políticas y marcos de manejo de recursos costeros y marinos que integren el cambio climático y replicar actividades más allá del área geográfica y duración del proyecto. En México, los sitios de enfoque son la Reserva Estatal Dzilam, la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos (Yucatán) y en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balám (Quintana Roo).

SE15-17

PROYECTO PILOTO DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE VARIABLES FÍSICAS Y CALIDAD DEL AGUA EN LA COSTA DEL ESTADO DE YUCATÁN

Allende Arandía María Eugenia¹, Ize-Lema Irina¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹, Castillo Ana², Sosa-Koh Vianey³, González-Chuc Damaris³, Magaña-Cen Brenda³, Parra-Poot Monserrat³, Castañeda-Chi Bernardo³, Ucan-Cauich Yeny³, Escobedo-Arguelles Brizly³, Pech-Argáez Pablo³, Kantún-Poot Luz³, Martín-Be Felipe³, Suaste-Aguilar Abraham³ y Tamayo-Palma Benjamín³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Chimay Centro Comunitario
³Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar
 mallendea@ingen.unam.mx

La zona costera es una región estratégica para el desarrollo del país. En ella convergen diversas actividades económicas, además de ser el hábitat de numerosas especies y una zona altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Esta zona es también vulnerable a la contaminación derivada de las actividades industriales y agrícolas que se desarrollan tierra adentro y a lo largo de la costa, del turismo y del crecimiento antropogénico. México cuenta con más de 11,500 km de litoral, cuya conservación y manejo representan un gran reto. Para ello, es necesario contar con mediciones de indicadores ambientales físicos y de calidad del agua, entre otros. En México no existe una agencia encargada del monitoreo costero y por lo tanto hay un gran vacío de información que impide determinar cómo los impactos locales se relacionan con los escenarios de cambio climático propuestos por los modelos globales. Por otra parte, la población de la costa está poco sensibilizada a los problemas de contaminación del agua y de sus impactos como la eutrofización de grandes zonas costeras como consecuencia de los aportes elevados de nutrientes que provienen del continente. En este proyecto piloto se plantea el desarrollo de una fase de prueba para un programa de monitoreo ciudadano participativo regional a largo plazo y de bajo costo, a través de una alianza estratégica entre el Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC), la Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar (CETMAR), el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) de la UNAM y la asociación civil CHIMAY A.C. Este proyecto piloto tiene por objetivo sensibilizar a jóvenes de nivel bachillerato técnico (Progreso y Telchac) y a niños de primaria (Sisal) sobre la problemática de la contaminación en la costa, así como la importancia de monitorear variables físicas y de calidad del agua en los ecosistemas costeros. Los resultados muestran mediciones de presión, temperatura y salinidad durante la temporada de frentes fríos en la costa norte de

la Península de Yucatán, mediciones de calidad de agua y un breve análisis de la componente social que acompaña este proyecto de ciencia ciudadana. Recalcar la importancia del monitoreo ambiental costero permitirá la mejor conservación de los servicios eco-sistémicos de estos ambientes, la identificación y prevención de las situaciones vulnerables y de riesgo así como las prácticas adecuadas de manejo. Por otra parte, este proyecto busca contribuir al desarrollo de las comunidades costeras y elevar el bienestar y resiliencia de la población, acercando tecnologías y metodologías de evaluación ambiental a la educación de niños y jóvenes.

SE15-18

PROPUESTA DE MARCO ANALÍTICO PARA LA RELACIÓN RESILIENCIA-VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS ANTE DESASTRES

Vázquez-González César¹, Ávila-Foucat Sophie², Ortiz-Lozano Leonardo³, Moreno-Casasola Patricia⁴ y Granados Barba Alejandro³
¹Universidad Veracruzana, UV
²Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM
³Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, UV
⁴Instituto de Ecología (INECOL AC)
 cesargonzalez84@gmail.com

La relación entre la resiliencia y la vulnerabilidad ha generado un debate dentro de la perspectiva de los sistemas socio-ecológicos (SSE), de la reducción del riesgo por desastres (RRD) y de la vulnerabilidad ante el cambio climático, entre otras. Algunas posturas sostienen que la resiliencia y la vulnerabilidad son conceptos aislados debido a su origen epistemológico, mientras que otros señalan la existencia de una fuerte relación. Cierto es, que ambos conceptos guardan más similitudes que diferencias para el análisis de diferentes fenómenos de impacto socio-ecológico como los desastres. Esta discusión ha permeado a la configuración de las políticas internacionales en materia de la RRD. Los recursos asignados a la atención de la emergencia##durante y a la reconstrucción y rehabilitación##después del desastre son mayores que los recursos destinados a la prevención y disminución de la vulnerabilidad, así como al incremento de la resiliencia##largo plazo a través del aprendizaje y de la adaptación. Por esta razón, el objetivo es construir un marco analítico basado en la comprensión del origen de cada concepto y de las definiciones presentadas desde distintas corrientes del pensamiento. Se presenta un marco dinámico que relaciona a la resiliencia y a la vulnerabilidad a partir del daño como concepto puente, y cuyos efectos negativos se refleja en los capitales. Se exponen los componentes de la vulnerabilidad como la sensibilidad, la exposición y la capacidad de respuesta, y se integran los atributos de la resiliencia como la recuperación, el aprendizaje y la capacidad de adaptación para minimizar la vulnerabilidad a fin de evitar el daño y aumentar la resiliencia—largo plazo de los capitales. La relación resiliencia—vulnerabilidad no es directa ni lineal; sin embargo, al usar una perspectiva socio-ecológica, es posible afirmar que la vulnerabilidad influye en la resiliencia—corto plazo, así como la resiliencia—largo plazo puede contribuir a la disminución de la vulnerabilidad, y de esta forma definir la trayectoria de un sistema complejo.

SE15-19

RIQUEZA BIOLÓGICA DE LOS “OBSERVATORIOS COSTEROS PARA LA RESILIENCIA LANRESC” A TRAVÉS DE LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Ortigosa Deneb, Rizo Gutiérrez Delázkar N., Gómez Nicolas Mariana, Granados Martínez Karol P. y Salles Afonso de Almeida Paulo
 Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera, LANRESC
 dog@apococo.mx

Con la finalidad de involucrar a la sociedad y documentar la riqueza biológica existente en los Observatorios Costeros para la Resiliencia (OCR) establecidos por el Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera LANRESC, el 13 de mayo del 2020 se hicieron siete proyectos de tipo colección englobados dentro del proyecto “Observatorios costeros LANRESC” en la plataforma de ciencia ciudadana NaturalistaMx/INaturalist. Dos OCR están distribuidos en el océano Pacífico: Agiabampo, Sonora; Copalita, Oaxaca y los cinco restantes en el Golfo de México: Dos Bocas-Paraiso-Mecoacán, Tabasco; Laguna de Términos, Campeche y Celestún, Sisal y Alacranes en Yucatán. Al 27 de julio del 2020, este proyecto cuenta con 8,858 observaciones correspondientes a 1,669 especies de 632 observadores y 1,382 identificadores. El OCR Sisal en Yucatán es el que presenta la mayor cantidad de observaciones (4,737) y especies (861), mientras que el OCR Celestún, también en Yucatán, registra el mayor número de observadores (241). Los diversos proyectos biológicos de ciencia ciudadana han permitido el registro de nuevas especies, ampliaciones de distribución y el acceso a material fotográfico en épocas en las que no siempre se pueden realizar por cuestiones administrativas. Con la presencia del LANRESC en la plataforma de NaturalistaMx/INaturalist se pretende fortalecer el vínculo sociedad-academia para cada uno de los OCR.

SE15-20

MANEJO DE LA OPRESIÓN COSTERA PARA COSTAS MÁS SEGURAS Y SALUDABLES

Guzmán Rodríguez Laura Odette, Chávez Cerón Valeria y Silva Casarín Rodolfo
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 odetteodette@ciencias.unam.mx

La zona costera se encuentra en un estado crítico a nivel mundial debido a la fragmentación y pérdida de sus ecosistemas. Intervenciones antrópicas que no han considerado el flujo de energía y masa necesario para mantener la resistencia y resiliencia de los ecosistemas, están provocando cambios crónicos y episódicos irreversibles a escala local, regional y global. Estos problemas han sido discutidos y analizados por varias décadas; por ejemplo, Brunn (1972) analizó las causas de la erosión costera, las implicaciones del incremento del nivel del mar y los efectos de la infraestructura costera en los ecosistemas, publicando sus observaciones bajo el nombre de “Las 10 demandas para la protección costera”. Estas demandas, ignoradas por más de 50 años por científicos e ingenieros, se concentran en disminuir la degradación por erosión, en restaurar hábitats y en la protección de especies representativas. Desde una visión ingenua, Bruun omitió incluir más explícitamente la integración de los requerimientos humanos y abordar más profundamente la importancia de la conectividad entre los ecosistemas y el papel de los diferentes actores en la toma de decisiones. Después de esa publicación, muchos de los problemas costeros complejos no se han resuelto, lo que nos ha llevado a revisar esas premisas, complementando y actualizando las estrategias de manejo costero y la reducción de riesgo por desastres. Para ello, se han incluido conceptos actualizados de infraestructura verde y el reconocimiento del papel que juega la intra e interconectividad entre ecosistemas, los procesos de cooperación transdisciplinaria, las decisiones basadas en la ciencia y la participación comunitaria. Con la finalidad de desarrollar estrategias adaptativas de gestión costera y fortalecer su aplicación práctica, se presenta el marco de trabajo DESCOR (Silva et al., 2020). DESCOR es un marco conceptual orientado a dar respuestas asociadas a la Opresión Costera. El marco DESCOR (por sus siglas en inglés) examina las relaciones entre los precursores (Drivers), los intercambios (Exchanges) y el estado del ecosistema (State of the environment) y con esta información, se evalúan las consecuencias (Consequences) crónicas negativas y establecen las posibles respuestas (Responses) a ellas. En este marco el concepto de Opresión Costera se ha precisado como “procesos antrópicos locales, regionales o globales, que inducen tensiones con consecuencias negativas a largo plazo (crónicas), que no permiten que los ecosistemas costeros se adapten”. El DESCOR permite identificar y evaluar sistemáticamente la pérdida y fragmentación de los ecosistemas causada por acciones antrópicas locales, regionales o globales a largo plazo, que impulsan procesos de opresión costera y proponer medidas de adaptación, mitigación y/o restauración que minimicen sus efectos. Se espera que este modelo de trabajo ayude a avanzar hacia un uso más sostenible de los recursos costeros, así como a tener costas más seguras, saludables y resilientes.

SE15-21

RESILIENCIA CLIMÁTICA BASADA EN EL LUGAR: REPRESENTATIVIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LOS IMPACTOS DEL CLIMA EN SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS MARINOS

Saldívar-Lucio Romeo
 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología / Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada - Unidad La Paz
 rsaldivar@cicese.edu.mx

El cambio climático desencadena un amplio mosaico de respuestas regionales y locales, a menudo de magnitud y dirección diferentes a la variabilidad de gran escala. Los modelos globales pueden generar representaciones inadecuadas de esas variaciones climáticas que los actores de un sistema socio-ecológico podrían reconocer y de las cuales percibir o no el riesgo. Existe una conexión entre la memoria colectiva y la frecuencia, magnitud y antigüedad de los eventos climáticos. A pesar de las amenazas potenciales del clima, las acciones preventivas y el compromiso social, son aspectos complejos y difíciles de lograr, en muchos casos debido a la distancia emocional. La investigación acerca de la complejidad para comunicar el cambio climático proporciona pistas de la relevancia que tienen las discusiones basadas en la localidad, para mejorar la percepción del riesgo e impulsar el diseño y priorización de protocolos de respuesta. Los argumentos sobre las amenazas, estrategias y acciones necesarias para enfrentar los riesgos climáticos (ej., sociedad-academia-autoridades) pueden diferir ampliamente dependiendo de la escala y fidelidad de las representaciones locales que se usan durante las discusiones (ej. mapas, gráficos, animaciones, fotografías). Estas representaciones locales no solo configuran la percepción de los riesgos climáticos, sino que también determinan la conexión con la memoria individual y colectiva, influyendo así en la proximidad emocional y el compromiso para la acción. Este trabajo explora los atributos locales capaces de mejorar el reconocimiento del riesgo climático y la priorización de acciones, en comunidades costeras en dos ubicaciones; Cabo Pulmo, México y Zanzíbar, Tanzania, que están sujetas a diferentes dinámicas climáticas. Se discute por qué tales atributos son relevantes para construir resiliencia climática basada en el lugar.

SE15-22

RESPUESTA Y RECUPERACIÓN DE LA PLAYA DE SISAL ANTE NORTES

Arriaga García Jaime Alonso¹, Espadas Sánchez Paola Isabel² y Torres-Freyermuth Alec²

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jarriagag@iingen.unam.mx

La resiliencia costera es una cualidad necesaria para un manejo sustentable de la costa ya que una costa resiliente es capaz de adaptarse de mejor manera ante disturbios naturales y antropogénicos. Su relevancia cobra mayor importancia bajo el esquema de "trabajar con la naturaleza", donde se busca balancear las necesidades del sistema socio-económico con el sistema natural. El concepto de resiliencia es complejo y evaluarlo requiere una aproximación multidisciplinaria (morfológica, ecológica, socioeconómica) ante impactos/shocks (e.g. eventos extremos) y estresores (e.g. eventos extremos). Antes de aspirar a trabajar con un concepto de resiliencia holístico, es necesario una aproximación unidisciplinaria. En este trabajo nos enfocamos en la resiliencia morfológica (resiliencia ingenieril) ante eventos extremos. La costa Yucateca tiene temporadas de calma y de Nortes, i.e. tormentas. La primera se caracteriza por oleaje oblicuo de baja energía. La segunda se caracteriza por eventos que contienen oleaje de alta energía con incidencia normal a la costa. Estos eventos pueden erosionar la playa de manera importante, reduciendo su funcionalidad. Aquí, se cuantificará la erosión provocada por cada Norte a través de imágenes de video por un periodo de 5 años junto con su tasa de recuperación. Se identificará el estado morfológico previo al evento y la energía de cada Norte. Esta información revelará la capacidad de la playa de Sisal de absorber un impacto (días) y una serie de impactos (meses) así como su capacidad para recuperarse. Además, se observará si dichas cualidades mejoran o empeoran en el tiempo, revelando el papel que juegan otros elementos de la costa como la vegetación o la duna. Agradecemos el apoyo financiero de Cátedras CONACYT (1146), Laboratorios Nacionales CONACYT (271544) y PAPIIT DGAPA-UNAM (IN101218) y en el campo de Gonzalo Martín y Juan Alberto Gómez.

SE15-23 PLÁTICA INVITADA

SE PUEDEN USAR LA ACTIVIDAD SOLAR Y LAS PRECESIONES LUNARES PARA REPRODUCIR VARIACIONES INTERANUALES DE ENSO?

Valle-Levinson Arnoldo

University of Florida, Civil and Coastal Engineering Department
arnoldo@ufl.edu

Datos de nivel del mar durante más de un siglo en la costa este de Estados Unidos y en el Mar Adriático sirven para documentar sus variaciones interanuales en función de actividad solar y precesiones lunares (armónicos astronómicos). La varianza interanual de nivel del mar explicada por armónicos astronómicos en ambas regiones es >80%. El reto principal es ligar los armónicos astronómicos a procesos oceánicos ligados al cambio del nivel del mar. Es bien documentado que estos forzantes astronómicos con periodos bien establecidos, y típicamente >8 años, pueden afectar las variaciones interanuales de radiación solar, de presión atmosférica, de temperatura del aire, y de vientos. Inclusive, dichos forzantes han sido asociados a índices climáticos como la oscilación del Atlántico Norte y la oscilación decadal del Pacífico. En este estudio exploramos que tan bien explican dichos forzantes astronómicos el índice de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) durante 150 años. Encontramos que los armónicos astronómicos reconstruyen 86% de la varianza de la señal ENSO. Estos hallazgos permiten hacer proyecciones de variaciones interanuales de nivel del mar y de ENSO para el resto del siglo 21. Dichas proyecciones sugieren periodos específicos de mayor vulnerabilidad a las áreas costeras y deberán considerarse en planes de resiliencia.

SE15-24 PLÁTICA INVITADA

REPENSANDO LAS COSTAS Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Moreno-Casasola Patricia

Instituto de Ecología A.C.
patriciamorenoc@gmail.com

La zona costera se define como el área donde interactúan el mar, la tierra y la atmósfera, donde se expresan múltiples interacciones. Hoy en día cobra especial importancia por su papel como protección frente al cambio climático, su capacidad para brindar recursos y como fuente de generación de empleos y riqueza. Un gran porcentaje de la población mundial vive en la zona costera, particularmente en ciudades costeras y son uno de los destinos turísticos de mayor importancia, además de que tienen gran potencial para la generación de energías alternativas. Su estudio sigue siendo bajo un enfoque disciplinario aún dentro de una misma disciplina, por ejemplo los biólogos a través de un ecosistema costero como el manglar, arrecife o laguna costera. Los retos que impone el sistema más dinámico de la tierra aunado a la enorme presión poblacional y económica que se produce sobre esta delgada franja requiere de un enfoque distinto. No solamente se requiere de una multidisciplinaria, sino también de una visión geográfica que permita describir cada

tipo de costa con base en el conjunto de ecosistemas que la forman y como en cada variante de estas costas se producen, se mantienen y se recuperan los servicios ecosistémicos. Hay regiones donde la zona costera está formada solamente por una playa y una duna, otras en que hay un arrecife, un bajo arenoso, una playa/duna y un manglar, y otros en los que detrás de este conjunto hay un humedal de agua dulce. Cada uno de ellos juega un papel en la protección de la zona costera y el funcionamiento de ellos es interdependiente. Hemos trabajado en una descripción de las costas de México a nivel país y región para poder entender la vulnerabilidad y la resiliencia de cada región y cómo las actividades humanas han afectado al conjunto de ecosistemas. La situación de México sobre las placas tectónicas y la orografía, entre otros factores, han generado costas muy diferentes que requieren un manejo particular. En nuestro país, el manglar ha recibido la mayor atención y protección legal, seguido por los arrecifes, muchos de los cuales forman parte de áreas protegidas, aunque legalmente están desprotegidos. En el otro extremo están los humedales costeros de agua dulce y las playas y dunas. Los servicios que prestan no son la suma de sus partes y la protección de uno de ellos no garantiza la permanencia del resto. Es necesario aquilatar el valor de cada uno, desde la evaluación y cuantificación de los servicios que proveen y el significado de sus interacciones en dichos servicios, los mecanismos para su conservación o restauración, hasta la sensibilización de los tomadores de decisiones ante estos sistemas costeros complejos y su protección legal. El entender la complejidad de estos sistemas y garantizar nuestro futuro solamente puede darse a través de un trabajo conjunto de distintas disciplinas y sectores.

SE15-25

CONSTRUYENDO CAPACIDADES LOCALES PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD DE UN SOCIO-ECOSISTEMA COSTERO RURAL ANTE HURACANES, CASO DE ESTUDIO SISAL (YUCATÁN)

Vidal-Hernández Laura¹, Hernández-Herrera Isis¹, Cuevas Alfonso², Guadarrama Chávez María Patricia¹ y De los Ríos Emilio¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Marista Mérida

laurae.vidal@ciencias.unam.mx

Los Fenómenos hidrometeorológicos (e.i. tormentas tropicales, huracanes) intensificados o formados con mayor frecuencia a partir del Cambio Climático pueden derivar en desastres con incommensurables pérdidas económicas, sociales y ecológicas que requieren décadas en ser resarcidas. En 2006 la región del Caribe y los países de Latinoamérica con costa, incluyendo México, fueron señalados por el PNUMA en riesgo particular ante estos efectos debido a condiciones de vulnerabilidad que favorecen poblaciones marginadas. Para gestionar efectivamente el riesgo es necesario integrar conocimientos, así como construir capacidades gubernamentales y sociales para lograr su resiliencia como receptores de impactos y de sus consecuencias. Este trabajo se enfoca en construir un Índice de vulnerabilidad integral y multidisciplinario con cuatro dimensiones (social, económico, infraestructura y ambiente) y un Atlas de vulnerabilidad en escala 1:8 000 sobre un socio-ecosistema costero rural del estado de Yucatán, Sisal, a través de indicadores sintéticos para contribuir a construir capacidades de prevención y atención local. Se discute sobre el procedimiento de integración y los retos que representa en términos del manejo de información en escalas locales.

SE15-26

CONTRIBUCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE 13 "ACCIÓN POR EL CLIMA" EN SAN FRANCISCO DE CAMPECHE

Cruz Benítez Enriqueta del Carmen, Rivera Arriaga Evelia y Posada Vanegas Gregorio
Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche
al005767@uacam.mx

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 menciona que las políticas y prácticas para la gestión del riesgo deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno (Naciones Unidas, 2015). En este entendido, la percepción juega un papel fundamental en la valoración de los fenómenos naturales que vulneran, individual y colectivamente, a los seres humanos, ya que la manera en que se concibe una problemática incidirá directamente en las estrategias de prevención, atención, respuesta y comunicación de riesgos en la comunidad (SSPC & CENAPRED, 2019). Este trabajo se plantea para la ciudad de San Francisco de Campeche, la cual al ser una ciudad costera es afectada regularmente por fenómenos naturales dentro de los que destacan los hidrometeorológicos (inundaciones por acumulación de lluvia, desbordamiento de canales pluviales y marea de tormenta), además de otros peligros naturales como vientos extremos e inundaciones (Vega et al., 2013). Sumado a esto, las características físicas y de localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, también son factores que inciden en el bienestar y seguridad de los habitantes. Lo anterior ha generado que las personas lleven a cabo acciones de autoadaptación a los cambios del clima, por lo que conocer y analizar la forma en que se conciben estas problemáticas desde la perspectiva de los habitantes es de suma importancia para construir la

realidad ambiental y social del área de estudio. Así pues, se realizó una investigación social en las colonias propensas a sufrir inundaciones y se generó un diagnóstico sobre la concepción del problema. Cabe señalar que este estudio permitirá diseñar estrategias de intervención social para implementar en San Francisco de Campeche la Meta 3 del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13 "Acción por el clima".

SE15-27

PROPUESTA DE ANÁLISIS DE RESILIENCIA FÍSICA DEL ACUÍFERO NOROESTE DE LA COSTA DE YUCATÁN FRENTE A ESTRESSES MULTITEMPORALES

Canul-Macario César¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹, Pacheco Castro Roger¹ y Hernández-Espriú Antonio²

¹LIPIC Instituto Ingeniería UNAM; Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera

²Hydrogeology Group, Facultad de Ingeniería, UNAM

ccanulm@ingen.unam.mx

La resiliencia de un socioecosistema se relaciona con su capacidad de recuperarse y eventualmente adaptarse ante un estrés o shock. La resiliencia física (resistencia) es una parte de este concepto, y se puede ver como el tiempo de persistencia del efecto de una perturbación en el ecosistema. Los acuíferos juegan un papel fundamental en los ecosistemas, sobre todo en los sistemas costeros que están sujetos a distintos tipos de estresores naturales (huracanes, mareas de tormenta) y antrópicos (bombeo, cambio climático, descarga de nutrientes y contaminantes). El tiempo de persistencia del nivel del acuífero y su salinidad debido a estas perturbaciones es importante para el desarrollo de estrategias de gestión de los acuíferos costeros. El presente trabajo analiza la resiliencia física del nivel del acuífero y la salinidad frente a distintos tipos de estrés: (a) instantáneos, (b) diurnos, (c) estacionales y (d) crónicos; considerando como caso de estudio el acuífero de la costa noroeste de Yucatán. Para ello, se ha analizado la respuesta del acuífero a bombeo, marea de tormenta, variaciones estacionales del nivel del mar, descarga-recarga del acuífero y aumento del nivel medio del mar por cambio climático. Los resultados preliminares sugieren que el nivel y la salinidad del acuífero de la zona de estudio muestra perturbaciones de poca persistencia a impulsos de corta duración como el bombeo, el efecto de las mareas e incluso a tormentas y huracanes; sin embargo, los efectos de las variaciones estacionales del nivel del mar y descarga-recarga en el acuífero tienen efectos más persistentes en el agua subterránea. Los eventos crónicos como la elevación del nivel medio del mar por cambio climático muestran efectos son irreversibles en el acuífero. Los resultados preliminares indican únicamente la persistencia de los distintos estreses en el acuífero. Sin embargo, es importante desarrollar investigaciones que permitan entender la capacidad de cambio y transformación del ecosistema frente a este tipo de perturbaciones. Por otro lado, los resultados únicamente atienden la perspectiva de la ingeniería, pero deben incluirse variables socio-económicas y ecológicas para hacer más robusto el análisis de la resiliencia del acuífero de la costa noroeste de Yucatán. La resiliencia física del acuífero costero puede considerarse como una contribución para el desarrollo de un modelo robusto e integral de resiliencia costera.

SE15-28

RESILIENCIA DE LOS PASTOS MARINOS A EVENTOS NATURALES COMO MAREAS ROJAS, Y SU IMPACTO EN LOS ALMACENES DE CARBONO

Mendoza Martínez Juan Enrique, Herrera-Silveyra Jorge y Liceaga-Correa María de los Angeles
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Merida
kasumo_60@hotmail.com

Los pastos marinos son reservorios naturales de carbono reconocidos mundialmente como ecosistemas de carbono azul dentro de estrategias internacionales para la mitigación y adaptación de los efectos al cambio climático. Su distribución en la Península de Yucatán es amplia, sin embargo, múltiples estresores de origen antropogénico y natural asociados a la zona costera contribuyen con su variación espacial. En este trabajo se evaluó la distribución espacial de pastos marinos en una porción de 900 ha de costa en Dzilam de Bravo, Yucatán, México en tres momentos distintos; anterior a un evento de marea roja (T0) durante (T1) y posterior al evento (T2), los almacenes de carbono en sedimentos se evaluaron en T0 y T2. Para caracterizar la distribución de pastos se aplicaron técnicas de tratamiento para imágenes acústicas del fondo y datos de campo. Para la estimación del carbono se tomaron muestras de sedimento y biomasa. Mediante análisis espacial y algebra de mapas se comparó la distribución y los almacenes de carbono de ambos tiempos para evaluar el efecto del FAN. El efecto inmediato (T1) del FAN fue la pérdida de la biomasa viva y la cobertura de pastos presentes en T0. La biomasa viva de pastos incrementó un 140% (T1: 125.2 ± 37 g m² T2: 175.3 ± 157 g m²) con una recuperación de 100% de la cobertura espacial (T1: 557.3 ha y T2: 566.9 ha) tras un periodo de 4 años. Las zonas sin cobertura de pastos marinos persistentes en T2 pueden ser asociadas a la dinámica de las dunas costeras. Sobre los sedimentos, los cambios en la profundidad del perfil no consolidado trajeron como consecuencia almacenes de carbono significativamente menores (T1: 101.4 ± 22.8 Mg C ha⁻¹ T2: 31.86 ± 5.6 Mg C ha⁻¹). La pérdida de rizomas y raíces en T1 aumentó los procesos de turbación y erosión del perfil sedimentario en T2. Se observó una alta resiliencia en componentes relacionados con procesos estructurales como la biomasa viva y cobertura espacial de pastos. Como consecuencia de una recuperación más lenta la

resiliencia para componentes relacionados con procesos funcionales de la pradera como los almacenes de carbono en sedimento fue baja. Estos resultados refuerzan la importancia de los sistemas de monitoreo a largo plazo para la evaluación de la resiliencia de ecosistemas con procesos de escala de tiempo distintas.

SE15-29

MODELACIÓN DE INUNDACIÓN POR CICLONES TROPICALES PARA CLIMA PRESENTE EN EL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA, COLOMBIA

Rey Sánchez Wilmer¹, Salles Afonso de Almeida Paulo¹, Ruiz Salcines Pablo¹, Appendini Albrechtsen Christian M.¹, Urbano Latorre Claudia², Cabarcas Mier Angelica² y Jigena Antelo Bismark³

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe

³Universidad de Cádiz

w.reysanchez@gmail.com

El archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es la parte del territorio colombiano más expuesto a ser inundado durante el paso de ciclones tropicales (CT). Entre los peligros ocasionados por los CT por lo que en este estudio se evalúa el potencial de inundación de este archipiélago ante el paso de CT. Debido a que los eventos históricos son limitados, es necesario utilizar otras bases que permitan realizar estadísticas robustas, como los son los eventos sintéticos. En este trabajo se usó una base de datos de ~ 1000 CT sintéticos generados bajo las condiciones del reanálisis NCEP entre los años 1981-2000 siguiendo la metodología de Emanuel (2006,2008). Dada la baja incidencia de eventos sintéticos con categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson que tocan tierra en las islas, se generó una base de datos de huracanes hipotéticos con categoría 5 para estimar el escenario de inundación más conservador. Estos eventos cubren todas las posibles direcciones de aproximación (no cubiertas por los sintéticos) y se caracterizan por tener una intensidad (95.17 m/s, categoría 5), una velocidad de traslación (5.87 m/s) y un radio máximo de vientos (56.3 km) constantes. Se usó un modelo hidrodinámico para determinar la marea de tormenta e inundación asociada a los eventos sintéticos e hipotéticos. Para el cálculo se empleó una malla computacional no estructurada con resolución variable, con baja resolución en aguas abiertas y hasta aproximadamente 30 m en la zona inundable del archipiélago. La topo-batimetría consiste en información topográfica LIDAR con resolución de 5 m y batimetría de alta resolución en áreas circunvecinas al archipiélago, complementada con la base de datos GEBCO en aguas profundas. El modelo hidrodinámico se forzó con los campos paramétricos de viento y de presión de los eventos sintéticos e hipotéticos. El método permite estimar las áreas propensas a la inundación para diferentes periodos de retorno, los cuales son calculados combinando una función de distribución de probabilidad de las alturas de marea de tormenta y la frecuencia anual de tormentas sintéticas, la cual fue calculada por el modelo de huracán de Emanuel (2006,2008). Los resultados obtenidos incluyen ii) mapas de las envolventes de la profundidad de la inundación y la extensión de la inundación por eventos hipotéticos, así como ii) la envolvente de la profundidad de la inundación generada por todos los eventos sintéticos, los cuales incluyen categorías de CT desde tormenta tropical hasta huracán categoría 5. Para ii) se obtuvieron mapas de isocintas correspondientes a las áreas potencialmente inundables para diferentes periodos de retorno en cada una de las islas. Los resultados de este trabajo proveen herramientas a los tomadores de decisiones para implementar medidas de protección civil. Estos resultados son el primer paso para un futuro análisis de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia a inundación por CT bajo condiciones de cambio climático en las costas colombianas.

SE15-30 PLÁTICA INVITADA

HACIA UNA INTEGRACIÓN TRANSDISCIPLINARIA PARA LA RESILIENCIA COSTERA

Basurto Xavier
Duke University
xavier.basurto@duke.edu

La tesis de este trabajo está basada en la hipótesis de que la integración transdisciplinaria es necesaria para lograr la resiliencia costera. Para desarrollar mi argumento utilizaré el ejemplo de la pesca artesanal, actividad de importancia económica, social, nutricional y cultural en nuestro país. Las bases teóricas del manejo pesquero están basadas en ideas y principios de economía y de biología pesquera desarrolladas en países desarrollados como Estados Unidos y Canadá y aunque muy útiles para ciertos ámbitos, no son las adecuadas para lograr un manejo pesquero artesanal resiliente. Como ejemplo pongo a su consideración el trabajo de Gordon Scott de 1954 titulado "La Teoría Económica de un Recurso de Uso Común: La Pesca", el cual es el más citado en el ámbito de la pesca a nivel mundial con mas de 1,990 citas. Este y otros trabajos de gran influencia han influido a que el manejo pesquero se reconozca como un problema de índole económico y de biología Pesquera. Por lo tanto no debe sorprendernos que los datos principales que los gobiernos de todo el mundo coleccionan sobre sus recursos pesqueros sean datos de capturas y esfuerzo pesquero. Sin embargo, investigaciones recientes han documentado que las contribuciones e impactos que la pesca artesanal tiene para con la sociedad y al medio ambiente van mas allá de lo económico y lo

biológico. La pesca artesanal intersecta con aspectos de nutrición e reducción de la pobreza, entre otros. En esta presentación ilustraré algunos de estas contribuciones a través de mi involucramiento en el proyecto "Illuminating Hidden Harvests" o "Iluminando Cosechas Perdidas" en colaboración con la FAO y WorldFish. Para argumentar la importancia de una integración transdisciplinaria que trascienda visiones monotónicas para el manejo de recursos como la pesca.

SE15-31

EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA EN PLAYAS DE USO TURÍSTICO ANTE LA AMENAZA DE EROSIÓN COSTERA, CASO DE ESTUDIO: PLAYA DEL CARMEN, Q. ROO.

Islas Rosalinda y Frausto Oscar
Universidad de Quintana Roo, UQRoo
rosalindaislasgarcia@gmail.com

Existe un considerable interés por las investigaciones con enfoque multidisciplinar en respuesta a las crecientes amenazas climáticas y antrópicas, una de estas investigaciones son los estudios de resiliencia, la medición de esta variable compleja involucra ciertos elementos que nos permiten caracterizar las características propias de los sistemas naturales y sociales, conocidos también como sistemas socio-ecológicos (SSE). Los estudios de resiliencia son un apoyo para la gestión del riesgo, ya que exponen desafíos y presentan oportunidades a las sociedades para hacer frente a los desastres, promoviendo la organización y respuesta ante eventos perturbadores. Se realizó un estudio en una playa turística de Playa del Carmen, Q. Roo, para conocer la resiliencia de la playa de uso turístico ante la amenaza de erosión costera, desarrollando un modelo que consta de 18 indicadores que permiten identificar el nivel de resiliencia de una playa de uso turístico ante los procesos de erosión costera, por medio de la desagregación de tres variables amenaza, vulnerabilidad y capacidad adaptativa en las diferentes dimensiones; física, técnica, cultural, ecológica, económica e institucional social. El modelo está basado en una perspectiva integral que promueve la creación de estrategias de mitigación y adaptación para reducir la vulnerabilidad de las partes expuestas y puede funcionar como estrategia para la gestión integral de las playas. Palabras clave: Resiliencia, playas turísticas, gestión integral de playas.

SE15-32

IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL DE POSIBLES DERRAMES DE HIDROCARBURO EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, PACÍFICO SUR DE MÉXICO

Martínez-Perea Carlos y Ahumada Sempoal Miguel Ángel
Universidad del Mar
mpereacarlos@gmail.com

Se analizó el impacto ambiental potencial que pudiera resultar de posibles derrames de hidrocarburo (crudo medio Istmo) producidos en la Mono-Boya #3 de la refinería "Ing. Antonio Dovalí Jaime" de PEMEX, localizada en aguas costeras del golfo de Tehuantepec a aproximadamente 17 km del puerto de Salina Cruz, Oaxaca. Para analizar dicho impacto se simuló la dispersión y destino de posibles derrames de hidrocarburo con ayuda del modelo Lagrangiano GNOME (Modelado General de Entorno Operacional de la NOAA, <https://response.restoration.noaa.gov/>). Se especificó el sitio donde se podría originar el derrame de 5,000 litros de hidrocarburo, capacidad máxima que puede almacenar la Mono-Boya #3. Para realizar los cálculos de dispersión y destino del hidrocarburo derramado, se utilizaron campos de viento y corrientes marinas superficiales obtenidos de las páginas oficiales de REMSS (<http://www.remss.com/>) y HYCOM (<https://www.hycom.org/>), respectivamente. En general, se evaporó aproximadamente el 48% del hidrocarburo derramado y el resto se desplazó a lo largo de la costa o hacia mar abierto dependiendo de la época del año. Entre los meses de mayo y septiembre (temporada de No-Tehuano), cuando los eventos de viento del Norte son menos frecuentes y menos intensos, el hidrocarburo derramado fue movido en dirección oeste alcanzando diferentes sitios de importancia biológica y/o recreativa localizados a lo largo de la línea de costa entre el puerto de Salina Cruz y bahías de Huatulco. Entre los meses de octubre y abril (temporada de Tehuanos), cuando los eventos de viento del Norte son más frecuentes y más intensos, el hidrocarburo derramado fue movido hacia mar abierto siendo generalmente atrapado en el giro anticiclónico generado por el viento en la región oeste del golfo. Los resultados del presente trabajo indican que el impacto ambiental potencial, considerando la cantidad de hidrocarburo depositado, se dará principalmente sobre playa Morro Ayutla, sitio de anidación de tortugas; ecosistemas de manglar, áreas con arrecifes coralinos y/o playas de importancia turística entre el puerto de Salina Cruz y la región este de las bahías de Huatulco.

SE15-33

RESILIENCIA DE LA COSTA NORTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN ANTE EL DESARROLLO DE PUERTOS PESQUEROS

Franklin Gemma L.^{1,2}, Medellín Gabriela², Appendini Albrechtsen Christian M.², Gómez Juan A.², Torres-Freyermuth Alec² y López-González José²
¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gfranklin@ingen.unam.mx

El desarrollo de la infraestructura asociada a puertos pesqueros de pequeña escala en el norte de la Península de Yucatán empezó a finales de los años 70s. Estos puertos se desarrollaron en las comunidades pesqueras ubicadas en islas de barrera, ofreciendo un acceso a zonas de calma por medio de un par de escolleras delimitando el canal de navegación. Como resultado de estas escolleras el transporte litoral ha sido interrumpido, generándose zonas de acreción y de erosión. Por el marcado transporte litoral en la región, se ha generado un déficit de sedimento y la erosión es un rasgo dominante en la costa norte de Yucatán. Este déficit de sedimento afecta la resiliencia del sistema, es decir, su capacidad a recuperarse ante eventos extremos. Si bien existen estudios recientes enfocados a estudiar la dinámica costera y la morfodinámica en la región, existen pocos estudios que permitan entender la resiliencia del sistema, enfocándose en la cuantificación de los impactos de los puertos en la morfología de las playas en diferentes escalas de tiempo. En este trabajo presentamos un estudio que emplea una combinación de imágenes de satélite, vuelos de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTS), y perfiles de playa de alta resolución, para investigar los impactos de los puertos en la costa durante diferentes escalas de tiempo (periodos estacionales a multi-anales). Para estimar las tasas de erosión de la línea de costa asociadas a la construcción de los puertos se utilizaron análisis de imágenes de satélite a lo largo de la costa de Yucatán. La variabilidad estacional se estudió a partir de un programa de monitoreo quincenal en las playas aledañas al puerto de Sisal, con un total de 40 perfiles de playa levantados entre mayo del 2019 y abril de 2020. Asimismo, se realizaron vuelos con un VANT para poder evaluar los cambios en el uso de suelo durante el periodo de estudio, y se correlacionaron datos de oleaje (hindcast) y nivel del mar (mareógrafo) con la información topo-batimétrica. Las observaciones de campo muestran que las variaciones estacionales en el oleaje, asociadas a las brisas marinas y a las tormentas del invierno (Nortes), modulan la respuesta de la playa. Los análisis de los perfiles de playa muestran una acreción (erosión) neta al este (oeste) del Puerto. Por otro lado, durante el periodo de estudio se instalaron tres rompeolas ReefBalls y se realizó un relleno de playa al oeste del Puerto para mitigar la erosión observada. Los resultados sugieren una disminución en la tasa de erosión en los perfiles ubicados atrás de estas estructuras. Agradecemos el apoyo financiero del CONACYT a través de los proyectos Cátedras CONACYT (1146), Investigación Científica Básica (284819), Laboratorios Nacionales CONACYT (271544), y de la DGAPA UNAM (PAPIIT IN101218 y PAPIIT IA100418), y a Camilo Rendón Valdez por su apoyo técnico en el campo.

SE15-34

ANÁLISIS DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE LA PAZ ANTE LA PANDEMIA DEL COVID-19: UNA COMPARACIÓN CON LA PRESENCIA DE HURACANES

Ortega Roberto, Carciamaru Dana, Aguirre Alfredo y Mayer Sergio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
ortega@cicese.mx

El estudio del ruido sísmico ambiental ha resultado ser una poderosa herramienta para cuantificar la actividad de una ciudad. En la ciudad de la Paz, BCS, la estación sísmica LPIG se encuentra ubicada en un punto importante que conecta el centro de la ciudad con los suburbios urbanos. Al hacer un análisis de ruido sísmico mediante la probabilidad de densidad espectral se observa el descenso del nivel de ruido sísmico inmediatamente después de la promulgación de la jornada nacional de sana distancia. Sin embargo, la verdadera causa del descenso de actividad se encuentra relacionado con la prohibición municipal de actividad turística. Es interesante notar que el regreso a los niveles de ruido son graduales y no están relacionados con el cambio en los colores del semáforo del sistema de alerta sanitario. Además se presentaron algunos cambios en la forma de calcular los valores de ruido basándonos en un esquema de punto de cambio "switch-point" para una distribución de un proceso puntual de Poisson y vemos que los datos probablemente reflejan mejor los cambios de nivel de ruido. Finalmente se compararon los niveles de ruido que ocurren en otros casos de otros desastres naturales, sobre todo en los casos de huracanes. Para el caso de huracanes el confinamiento en casa es necesario debido a que los arroyos temporales inundan las principales avenidas, y es necesario esperar a que sea seguro el tránsito en la ciudad. Es necesario promover el estudio del ruido sísmico para propósitos sociales.

SE15-35

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN ASOCIADO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR Y EVENTOS EXTREMOS EN LA ZONA COSTERA DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Fernández Díaz Violeta Zetzangari¹, Canul Turrizza Román Alejandro² y Carmona Enríquez Rosa María¹

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC Campus Ensenada

²Universidad Autónoma de Campeche
violeta.fernandez@uabc.edu.mx

En este trabajo se muestran los resultados de una evaluación de riesgo por inundación costera en la Bahía de Ensenada producto de la variabilidad del nivel del mar por eventos hidrometeorológicos extremos y dos escenarios de incremento del nivel del mar asociado a cambio climático (PEACC-BC) proyectados para finales de siglo. El análisis del riesgo se centra en la determinación y estimación de los costos por daños estructurales y de menaje de las viviendas utilizando una metodología que permite la generación y articulación de mapas de peligro y vulnerabilidad por inundación. Los mapas de peligro se generaron a partir de los resultados de la simulación numérica de la variabilidad del nivel del mar ante eventos de tormenta y escenarios de incremento del nivel del mar, tomando como base para su cálculo criterios que consideran el tirante y la velocidad del agua (FEMA, 2018; IMTA, 2015). Para el cálculo de la vulnerabilidad de las viviendas ante un evento de inundación, se utilizó una metodología (Alcocer et al., 2016) que, con base en información generada por el INEGI y contenida en las AGEB permite determinar la vulnerabilidad por tipo de vivienda a nivel manzana.

SE15-36

RESILIENCIA DE DOS ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS EN EL SURESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Gallegos Fernández Sandra Angélica¹, Guzmán Hernández Vicente², Huerta-Rodríguez Patricia², Uribe-Martínez Abigail³ y Cuevas Eduardo³

¹Posgrado Maestría en Ciencias en Restauración Ecológica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen

²Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Cd. del Carmen, Camp.

³Laboratorio de Ecología Espacial y del Movimiento, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen
sagafe18@gmail.com

Las tortugas marinas realizan funciones clave en ecosistemas marinos y costeros, tales como el control de comunidades silvestres que pueden tornarse nocivas, recirculación de nutrientes, fertilización de dunas costeras, entre otras. Son especies longevas, con un ciclo de vida complejo y maduración sexual tardía, características que las hace vulnerables ante distintas fuentes de presión naturales y antropogénicas. Las tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) y verde (*Chelonia mydas*) son especies ampliamente distribuidas en el sureste de México. En México, durante 50 años se han realizado esfuerzos de monitoreo y conservación de distintos estadios de vida con la meta de recuperar sus poblaciones y hábitats críticos. Una de las condiciones relevantes para la recuperación de cualquier especie es la resiliencia de sus poblaciones, la cual se entiende como la habilidad para mantener funciones y procesos ecológicos en sus distintos estados ante estresores. Los mecanismos de resiliencia ocurren a distinto nivel, y para fines del presente análisis se consideraron la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (nivel de especie), heterogeneidad ambiental local y conectividad funcional (nivel de paisaje). El objetivo fue evaluar indicadores de resiliencia a niveles de especie y paisaje para ambas especies, y compararlas entre ellas para la región de estudio. Se analizaron datos de monitoreo biológico en playas de anidación (1993-2019) y áreas de desarrollo de individuos inmaduros (2001-2015). Se calculó un conjunto de 13 indicadores categorizados por cada nivel y mecanismo. Se cuantificaron las diferencias entre especies y se evaluó la correlación entre un indicador de reclutamiento de crías al mar y abundancias de individuos inmaduros en áreas de desarrollo. En general, la tortuga verde tiene mejores condiciones de resiliencia que la tortuga carey en sus indicadores de mecanismos a nivel especie, por ejemplo, éxito de eclosión, fecundidad anual por hembra ($C_m = 499.14$, $E_i = 427.32$ huevos/hembra/año), frecuencia estimada de anidación ($C_m = 4.5$, $E_i = 3$ anidaciones/hembra/año), tendencia de número de nidadas ($C_m = 16.26\%$, $E_i = 1.5\%$ incremento anual de nidadas), edad reproductiva ($C_m = 13$ años, $E_i = 18$ años), y algunos a nivel de paisaje (indicador de mortalidad por pesca incidental, plasticidad en sitios de anidación, indicadores de exposición, vulnerabilidad y riesgo). Para algunos de estos indicadores se encontraron diferencias significativas, con lo que se configura la resiliencia de ambas especies. Finalmente, en la evaluación cruzada entre el indicador de reclutamiento de crías y la densidad de juveniles en sus áreas de desarrollo, se encontró una asociación estadísticamente significativa para la tortuga *C. mydas* a los 4 años, y no significativa para la *E. imbricata*. Se sugiere que estas condiciones intrínsecas de *C. mydas* han establecido el contexto óptimo que explicaría la recuperación de sus poblaciones en distintas regiones, destacándola como una especie altamente resiliente y un ejemplo del éxito de estrategias de restauración de sus poblaciones y hábitats. El monitoreo de la serie de indicadores para estas especies clave en los socioecosistemas que ocupan, es crítico para

conocer la estructura y mecanismos que configuran la resiliencia de los ecosistemas marinos y costeros.

SE15-37 PLÁTICA INVITADA

OBSERVATORIOS PARTICIPATIVOS COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA CONECTIVIDAD Y TRANSFORMACIÓN SOCIAL

Espejel Carbajal Ileana
Universidad Autónoma de Baja California
ileana.espejel@uabc.edu.mx

Hay varios tipos de observatorios, Los observatorios sociales tienen la función de complementar los estudios y análisis del comportamiento humano y de las sociedades a través de procesos de escrutinio público de diferentes acciones, iniciativas, políticas públicas, desarrollo, comportamientos, con el objetivo de mejorar el quehacer de la esfera pública y social de un ciudadano o una comunidad. A nivel internacional, el PNUD sugiere que un Observatorio recopile datos y elabore bases de datos; diseñe metodologías para codificar, clasifique y categorice datos; conecte personas y organizaciones que trabajen en áreas similares; aplique nuevas herramientas técnicas y/o analice de tendencias y publicaciones. Asimismo, la OEI considera que un observatorio vigila y detecta lo que ocurre en su ámbito de actuación por lo que busca la información pertinente, discierne sobre su relevancia, la organiza de modo coherente y la presenta de forma clara. En México la ley de Desarrollo Rural Sustentable menciona Observatorios de Desarrollo Rural Sustentable, pero no han prosperado. La herramienta tecnológica de los observatorios sociales son los sitios web como espacios de observación y análisis de resultados. El objetivo de nuestro proyecto fue crear un Observatorio participativo ciudadano, denominado Observatorio Guadalupe, como un instrumento tecnológico accesible para exponer por un lado la literatura científica de una cuenca costera y, por otro lado, comprometer a los ciudadanos a tomar las riendas del mejor manejo del acuífero. Para el primer objetivo se creó una base de datos de toda la literatura producida en la subcuenca arroyo Guadalupe, Ensenada, Baja California, México y se clasificó en bases de datos de cantidad y calidad de agua y se enlistaron los servicios ecosistémicos. Para el segundo objetivo, se organizaron talleres donde los participantes construyeron una línea de tiempo, un mapa cognitivo con respecto a la calidad y cantidad de agua, identificaron los principales problemas, los transformaron en metas de manejo, los priorizaron localizándolos en un mapa y se comprometieron a resolver al menos uno de manera individual o colectiva. Con estos insumos se creó la primera fase del programa de co-manejo de lo que llamamos un sistema socioecológico costero. Por ahora, el portal Observatorio Guadalupe contiene información sobre prácticas de manejo del agua (información solicitada por los participantes), dos Storyteller de ARGIS para la subcuenca y la microcuenca y está en fase de diseño el esquema para el monitoreo de los compromisos. Se propone que al Comité de Aguas Subterráneas y el de Playas Limpias se reestructuren como asociaciones que propicien la gobernanza del agua y sean las entidades sociales coordinadoras de la información de los académicos, de los proyectos de Ciencia Ciudadana que emergieron de las reuniones, de las necesidades empresariales y sociales con las políticas gubernamentales. Lo que más nos gusta de la experiencia es que hubo un cambio de actitud, de una quejumbrosa a una proactiva y positiva.

SE15-38

REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES PLUVIALES EN LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE

Vega Serratos Beatriz Edith, Posada Vanegas Gregorio, Mangas Che Enrique Alejandro y Rivera Arriaga Evelia
Universidad Autónoma de Campeche, UAC
beavega@uacam.mx

La ciudad de San Francisco de Campeche es susceptible a las inundaciones causadas por lluvias extraordinarias (Pisté, 2012), las cuales al complementarse con el efecto de marea alta, han inundado a la ciudad en numerosas ocasiones. En este trabajo se presenta el enfoque integrado realizado, entre 2010 y 2015, para coordinar los esfuerzos entre los tres niveles de gobierno junto con la academia, por medio de los cuales se obtuvo una solución factible, basada en la evaluación hidrológica de las cuencas urbanas y de las precipitaciones asociadas a eventos extremos (Rivera et al 2020). En el marco de la gestión correctiva del riesgo existente se aplicaron medidas estructurales, mediante la construcción del drenaje pluvial con una longitud combinada de 12 km distribuido entre las cuencas urbanas principales de la ciudad, obteniendo como resultado una reducción del peligro y el riesgo por inundaciones pluviales. Actualmente se encuentra operando la primera etapa del sistema integral del drenaje pluvial, la cual se terminó de construir en el 2015, sin embargo se han presentado eventos extraordinarios como la Tormenta Tropical Franklin (2017) y recientemente la Tormenta Tropical Cristóbal (2020) que han ocasionado que el drenaje funcione a su máxima capacidad y en algunas áreas críticas de manera insuficiente, estas evaluaciones se han realizado por medio de simulaciones hidrodinámicas en dos dimensiones, (Mangas, 2018) confirmando la necesidad de continuar con la construcción de siguientes etapas del drenaje así como de las labores de mantenimiento de los canales ya construidos, para cumplir con el objetivo de reducir el riesgo de las colonias expuestas a los efectos de las inundaciones

SE15-39

CAPACIDAD ADAPTATIVA A LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA DE DIVERSAS ESPECIES DE CRUSTACEOS, MOLUSCOS Y PECES DE IMPORTANCIA PESQUERA ANTE ESCENARIOS DE CALENTAMIENTO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Rosas Carlos¹, Caamal-Monsreal Claudia¹, Rodríguez Fuentes Gabriela², Mascaró Maité³, Galindo Clara E.³, Díaz Fernando³, Re Denisse³, García Rueda Adriana⁴ y Ángeles González Luis Enrique⁴

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Facultad de Química, UNAM

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

⁴Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
crv@ciencias.unam.mx

En la actualidad la temperatura superficial del mar en el Golfo de México oscila entre los 22 y los 30°C, con las temperaturas más bajas entre los meses de diciembre y febrero y las más altas entre los meses de agosto y noviembre. En la región sur del Golfo de México las actividades pesqueras son multispecíficas y dependen de la forma en que el ambiente ha modulado los ciclos biológicos de cada una de ellas. En escenarios de calentamiento los modelos actuales sugieren incrementos de entre 0.2 y 0.3°C por década lo que significa incrementos de entre 1 y 2°C en los próximos 50 años. Ante tales escenarios ha sido prioritario para nuestro grupo de trabajo el establecer la tolerancia térmica de las principales especies pesqueras, con el fin de generar información que pueda ser utilizada para establecer las formas más apropiadas de administrar los recursos y al mismo tiempo generar alternativas a las comunidades costeras cuya economía depende de esas especies. En los últimos 5 años se han estudiado dos especies de jaibas (*Callinectes sapidus* y *C. similis*), tres especies de peces (*Centropomus undecimalis*, *Ocyurus chrysurus* y *Epinephelus morio*) una especie de langosta (*Panulirus argus*) y una especie de pulpo (*Octopus maya*). Utilizando herramientas de la biología molecular, la bioquímica, la fisiología y la conducta, los estudios se han dirigido a conocer la preferencia y los límites térmicos, entendidos estos últimos tanto aquellos para los que los organismos cuentan mecanismos de compensación como aquellos que limitan la vida y por tanto la tolerancia térmica de las especies. Con estos datos se han podido generar modelos que permiten predecir potenciales cambios en la distribución de las especies ante escenarios de calentamiento, lo cuales pueden ser utilizados como herramientas para la toma de decisiones. Los resultados obtenidos ahora indican que las especies *C. sapidus*, *C. undecimalis* y *P. argus* cuentan con los mecanismos bioquímicos y fisiológicos para desempeñarse adecuadamente en los posibles escenarios de calentamiento. En contraste, las especies *C. similis*, *E. morio* y *O. maya*, debido a su sensibilidad térmica es altamente probable que se vean obligadas a migrar a zonas de menor temperatura, ya sea en aguas más profundas de la plataforma de Yucatán, o en el caso de las jaibas y peces a zonas más al norte del Golfo de México. Los modelos obtenidos sugieren que, además de un cambio en las abundancias de las poblaciones pesqueras seremos testigos de un cambio en la estructura de las comunidades costeras, las cuales responderán con ciclos biológicos acoplados a un ambiente que, según las predicciones tendrá características de ser hipertropicalizado.

SE15-40

ANÁLISIS DE DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS PARA RESILIENCIA EN CUENCAS COSTERAS

Merlo Angel¹, Avila-Foucat Sophie² y Perevochtchikova María³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

³El Colegio de México A.C.

bioangelmerlo@gmail.com

Las cuencas costeras poseen múltiples estresores socioeconómicos y ambientales que se acentúan debido a la interacción dinámica de procesos terrestres y marinos. Las costas son un área relevante de urbanización y de desarrollo económico ya que se estima que cerca del 40% de la población mundial habitan en una franja de cien kilómetros a partir de la línea de costa mientras que, en México, los municipios costeros tienden a la mayor concentración de la población y una tasa de crecimiento poblacional en constante aumento. Si bien en las costas se llevan a cabo diversas actividades socioeconómicas, el turismo es una de las más relevantes ya que cerca del 80% del turismo mundial tiene lugar en zonas costeras siendo una actividad con un fuerte impacto en cambios de uso de suelo y un alto consumo de agua de entre 400 y 5,000 litros de agua por turista por día. Tanto el bienestar de la población como las actividades económicas de la franja costera dependen en gran medida de los servicios ecosistémicos hídricos (SEH) de provisión y regulación que se generan y fluyen a lo largo de la cuenca; los cuales además influyen en diversos procesos como son la productividad de ecosistemas costeros, la vulnerabilidad de inundación y la salud de arrecifes. Las cuencas hidrográficas son reconocidas como espacios biofísicos donde se lleva a cabo el ciclo hidrológico y por lo tanto los SEH. La generación de SEH está estrechamente vinculada a factores biofísicos como el clima, la estructura del suelo, la geología, la geomorfología y la cubierta vegetal. Además de los factores biofísicos, las sociedades humanas

juegan un rol importante para los SEH: i) como usuarios en la conformación de la demanda para ese servicio; ii) por el manejo territorial y de los ecosistemas y; iii) por la instalación de infraestructura para facilitar el flujo y el acceso de los SEH. Dichos procesos son en parte definidos por las estructuras de gobernanza. De esta manera, en la dinámica de SEH en las cuencas costeras intervienen varios sistemas de gobernanza embebidos en diversos sistemas naturales en el mismo espacio y tiempo; sin que la mayoría de los estudios sean capaces de reconocer la interacción entre ellos. Consecuentemente, se puede aseverar que los SEH forman parte de los ciclos dentro de un sistema socioecológico [SSE], resultando en un proceso de coproducción de los SEH mediante interacciones que se dan entre los subsistemas ecológico y social las cuales son dinámicas en el espacio y en el tiempo como resultado de cambios en procesos biofísicos y sociales. Con la cuenca costera Copalita-Huatulco como caso de estudio, se presenta una propuesta teórica - metodológica para el estudio de los SEH de provisión y regulación como parte del sistema socioecológico para el análisis de procesos dinámicos de transformación espaciotemporal que influyen en la coproducción de los SEH que se vinculan estrechamente con la resiliencia de zonas costeras.

SE15-41

RESILIENCIA DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL PUERTO DE SISAL, MONITOREO Y CAMBIOS MORFOLÓGICOS

Paladio Hernández Alejandro, Salles Afonso de Almeida Paulo, Arriaga García Jaime Alonso y López-González José
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
apaladioh@ingen.unam.mx

Las lenguas de arena son estructuras de tipo barrera formadas de un cuerpo angosto y largo, por un lado unidas a la costa y del otro terminando en el mar, se presentan en zonas donde el transporte longitudinal tiene una dirección dominante y donde existe una interrupción de la línea de costa. En función de la energía del oleaje y sedimentación disponible, estas estructuras aparecen con diferentes escalas espaciales y temporales. En el Noroeste de la Península de Yucatán se presentan lenguas de arena de manera regular en los canales de los puertos, afectando a la navegación y a la calidad de agua. Debido a que los cambios morfológicos son muy rápidos, los costos y el tiempo de monitoreo tradicional origina costos elevados. El uso de drones permite superar estas limitaciones y mejorar la calidad, cobertura, frecuencia y cantidad de las mediciones. En este estudio se caracteriza el comportamiento morfológico de una lengua de arena en el canal del Puerto de Sisal con el uso de drones. Las mediciones morfológicas se realizan durante los meses de agosto a diciembre de 2018. Durante el periodo de estudio, el oleaje se midió a 10m de profundidad, mientras que las variaciones del nivel medio del mar se derivaron del mareógrafo del puerto de Sisal por el SMN. Durante el periodo de calma el oleaje llega a Sisal con un ángulo de ~35° y en eventos extremos con un ángulo de ~10°. Estos dos modos generan un transporte longitudinal muy diferente e incluso, durante eventos extremos, puede cambiar de dirección. La lengua se origina a finales de Julio, durante el periodo de calma, y tiende a difundirse por los eventos extremos, e.g. casi desaparece a mediados de Noviembre por un evento extremo Hs>2.5m. Más a detalle, eventos extremos provocan una sobre-elevación del nivel medio del mar de más de 30cm, con respecto a lo esperado (marea astronómica). La estructura migra hacia el puerto y se vuelve más pequeña (en área, volumen y longitud). Este estudio constituye un primer esfuerzo para determinar la resiliencia del canal y la capacidad de mantener su funcionalidad ante estresores permanentes (transporte longitudinal neto, presencia de estructuras) y shocks abruptos (Nortes y tormentas tropicales).

SE15-42

TERRITORIALIDAD EN LA COSTA CENTRAL DE YUCATÁN COMO MOTOR DE LA TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE BIOCULTURAL

Sedano Castro Martha Socorro y Tello Peón Lucía
Universidad Autónoma de Yucatán, UADY
artessedano@hotmail.com

La costa de Yucatán ha sido un escenario de constantes transformaciones socioeconómicas que en conjunto con los habitantes que viven y usan este espacio está en constante simbiosis con los macro procesos regionales y globales, particularmente con la introducción del capitalismo en las zonas marinas a finales de la segunda mitad del siglo XX. Dentro de los grandes momentos en el uso y acceso a los recursos pesqueros y costeros de la franja del litoral yucateco. Resaltamos también el momento de la abundancia y el de la escasez mediado por la tecnología moderna y la ausencia de las interrelaciones simbólicas con el medio marino prevaleciendo la castellanización o "lo español" y la ausencia de "lo maya" excepto en el lenguaje de las orientaciones geográficas y de las denominaciones de algunas especies y recursos. Permanece un tipo de relación del hombre con la naturaleza en los habitantes locales. La costa central de Yucatán, desde Chicxulub hasta San Crisanto, a partir del 2007, son el espacio y tiempo donde se gesta el mayor crecimiento urbano del litoral; Paralelamente a este crecimiento, surge en este año, el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa Yucateca (POETCY) como un freno a la acelerada urbanización. Por su parte, la población local, habitantes permanentes o estacionales, que ha estado en los diferentes puertos por más de 50 años, en constante transformación sociocultural, económica

y ambiental, han convivido en un mundo material y simbólico con los recursos de estos ecosistemas costeros, con una territorialidad, reflejo de una relación de donación y protección con el medio ambiente costero y de alguna manera, las grandes inversiones y desarrollos inmobiliarios a lo largo del litoral generan un dominio territorial en este paisaje biocultural. El análisis de las territorialidades en la costa central de Yucatán, nos permite conocer la incidencia que la globalización ha tenido en la transformación del paisaje biocultural en cada puerto, así como a lo largo del litoral. Se presenta en este trabajo un avance de la investigación que muestra la transformación del paisaje biocultural en la costa central de Yucatán, producto de las territorialidades en los últimos quince años, decir desde 2005 a 2020.

SE15-43

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ÍNDICE DE RESILIENCIA GEOMORFOLÓGICA DE PLAYAS EN SISAL, YUCATÁN

Torres-Freyermuth Alec, Medellín Gabriela y Salles Afonso de Almeida Paulo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
atorresf@ii.unam.mx

La costa norte de la Península de Yucatán es altamente vulnerable a erosión e inundación debido a su baja elevación, la degradación antropogénica de los ecosistemas costeros, y la incidencia de oleaje energético asociado a tormentas (p.e., Nortes y tormentas tropicales). La morfología de playa varía a lo largo de días, meses, y años en respuesta a estos eventos. Por lo tanto, es importante determinar su resiliencia e identificar los factores que contribuyen a ella con el fin de implementar estrategias de mitigación. En este trabajo se considera a la geomorfología de la playa-duna como el sistema de estudio y su funcionalidad se evalúa en base a su capacidad de brindar protección costera durante tormentas. El índice de resiliencia propuesto por Dong et al. [2018], el cual relaciona parámetros geomorfológicos de la playa con niveles del mar extremos, es utilizado en la playa de Sisal (Yucatán). La playa de Sisal cuenta con mediciones de perfiles de playa a lo largo de los últimos 5 años [Medellín & Torres-Freyermuth, 2019] que permite estimar variaciones en el ancho y volumen de la playa, y elevación de la duna con una alta frecuencia espacial (20 transectos de playas) y temporal (>100 campañas de campo). La cota de inundación y nivel medio del mar pueden ser estimados para diferentes períodos de retorno por medio de datos de re-análisis de oleaje, mediciones de marea, y modelado numérico. En este estudio se analiza la evaluación temporal y espacial del índice de resiliencia a lo largo de 2 km de playa, a partir de lo cual se determinarán los factores que juegan un papel importante en la resiliencia en las playas de Yucatán. Agradecemos el apoyo financiero por parte de los programas Investigación Científica Básica-CONACYT (284819 y 284430), Cátedras CONACYT (1146), Laboratorios Nacionales CONACYT (271544) y PAPIIT DGAPA-UNAM (IN101218). Agradecemos el apoyo técnico en el campo de José López González y Juan Alberto Gómez.

Sesión especial

LA GEOLOGÍA DE SONORA: BASES Y NUEVAS PERSPECTIVAS

Organizadores:

Mélanie Noury
Rafael Del Río Salas
Thierry Calmus
Martín Valencia

SE16-1 PLÁTICA INVITADA

UNA SÍNTESIS DE LA GEOLOGÍA DE SONORA, MÉXICO

González-León Carlos M.
ERNO, Instituto de Geología, UNAM
cmgleon@unam.mx

Sonora está formada por al menos tres bloques que son: Mazatzal, Caborca y Cortés. El bloque Caborca se agregó a Mazatzal como fragmento desplazado del sur de California por la megacizalla Mojave-Sonora, en algún tiempo anterior al Jurásico Tardío. Las rocas más antiguas se presentan en el Caborca y consisten de gneises y esquistos que están intrusionados por plutones generalmente metamorizados y con edades de #1.8 a 1.6 Ga. El basamento de Mazatzal lo forma el Esquisto Pinal con edades entre 1.6 y <1.7 Ga, y ambos terrenos están cortados por granitos de ca. 1.4 y ca. 1.1 Ga. Al basamento del Caborca lo cubre una secuencia sedimentaria Neoproterozoica de ca.2.5 km de espesor, que gradúa a la Cámbrica y después al resto de la secuencia paleozoica marina de plataforma. Al basamento del bloque Mazatzal lo sobreyace rocas paleozoicas marinas con espesor máximo de 1.2 km. El terreno Cortés está formado por rocas de cuenca marina profunda del Ordovícico al Pensilvanico que se acrecieron al bloque Caborca durante el Pérmico, formando así el alóctono de Sonora. A finales de la acreción gondwánica empezó el proceso de subducción cordillerana que produjo el emplazamiento de granitos calcoalcalinos de 275 a 260 Ma, y durante el Triásico y el Jurásico Temprano ocurrió sedimentación marina en una cuenca de pre-arco en el NW del estado, mientras que en el centro de Sonora se depositó el Grupo Barranca. El magmatismo continuó durante el Triásico y entre 190 y ~158 Ma se desarrolló en el norte de Sonora un arco continental que a finales del Jurásico se regresó a la trinchera dando origen al desarrollo de cuencas extensionales donde se acumularon la Formación Cucurpe y el Grupo Bisbee. A principios del Cretácico Tardío y al tiempo de la acreción del terreno Guerrero y el reinicio de la subducción de la Placa Farallón, en Sonora ocurrió la compresión Laramide que deformó las rocas del Grupo Bisbee y formó cuencas sinorogénicas donde se depositaron la Formación Cocóspera y el Grupo Cabullona. A los ca. 100 m.a. comenzó también el magmatismo Laramide que continuó hasta el Eoceno medio. A finales del Eoceno y durante el regreso del slab Farallón hacia la trinchera, se generó el volcanismo de la Sierra Madre Occidental y un poco después siguió la extensión de Sierras y Valles Paralelos que produjo volcanismo bimodal y sedimentación asociada que se depositó en los grabens de Sonora entre ~28 y 16 Ma. La subducción terminó a ~12 Ma y entre 12 y 6 Ma se desarrolló la provincia extensional del Golfo con volcanismo bimodal, a lo cual siguió volcanismo máfico alcalino intraplaca representado por los campos basálticos más jóvenes como el de El Pinacate. La deformación en la provincia de Basin and Ranges es aún activa, como se observa por el sismo de Mw = 7.5 producido por la falla Pitaycachi el 3 de mayo de 1887.

SE16-2

EL ARCO MAGMÁTICO MEXICANO (90-40 MA): MARCO CONCEPTUAL

Valencia-Moreno Martín
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
martin.valencia@unam.mx

Existen notables diferencias geológicas entre la región suroeste de EU-México y la provincia Laramide clásica del centro-oeste de los EU. La tectónica caracterizada por el levantamiento de grandes bloques de basamento y las condiciones amagmáticas observadas en esta provincia terminan abruptamente al sur del Colorado Plateau para dar lugar al cinturón mexicano de pliegues y cabalgaduras. Las reconstrucciones tectónicas indican que el margen continental de México terminó su consolidación a los ~90 Ma, con la acreción de los terrenos Alisitos y Guerrero. Desde entonces, un régimen de subducción hacia el este con una reducción progresiva del ángulo del slab persistió hasta los ca. 40 Ma. La deformación de tipo piel delgada y la sostenida actividad ígnea a lo largo del Arco Magmático Mexicano (AMM), disimilar a lo que se observa en la provincia Laramide, sugieren abandonar el uso del término "Laramide" para México. Las rocas del AMM afloran por todo el oeste de México, aunque existen afloramientos dispersos en el centro y este del país. La composición está dominada por granodioritas de hornblenda ± biotita. Las rocas volcánicas contemporáneas han sido erosionadas profundamente en la parte oeste del arco, pero secuencias de andesita, dacita y riolita fueron localmente preservadas en la parte oriental. La información geoquímica de ~800 muestras indica un ambiente de arco magmático continental con firmas calcoalcalinas mayormente metaluminosas. Las rocas provienen de magmas diferenciados (#Mg < 68) que pasaron por importantes procesos de fraccionamiento mineral, incluyendo plagioclasa, granate y clinopiroxeno. Dicho fraccionamiento produjo patrones de REE que se caracterizan por pendientes negativas, con anomalías de Eu negativas y una forma de cuna en la parte de la HREE. En diagramas multi-elementales se aprecian anomalías negativas de Nb-Ta, Ti y P y anomalías positivas de Rb, U, K y Pb. Las relaciones iniciales de Sr y los valores de epsilon Nd varían de 0.7033 a 0.7137 y de +6.7 a -13.7, respectivamente, lo que sugiere una contaminación cortical importante de magmas originalmente derivados del manto astenosférico. La generación sostenida de magma calcoalcalino produjo condiciones ideales para formar una serie de yacimientos minerales metálicos, dominados por pórfidos cupríferos. Los depósitos de cobre más grandes ocurren justo al sur de la provincia Laramide clásica, en la región de Arizona-Nuevo México-Sonora. El modelo magmático se explica en general por la fusión parcial

de una sección del manto astenosférico arriba de la placa subducida, debido a la inyección de fluidos acuosos liberados en la zona de inestabilidad de los anfíboles (~100 km). Sin embargo, algunos plutones con edades de cristalización de ~90-95 Ma en Sonora, Durango y Zacatecas, los cuales se localizan mucho más al oriente de lo esperado, sugieren un mecanismo magmático distinto. Debido a que no hay evidencia para invocar un segundo arco en esta región, así como a la lo restringido de los afloramientos, una posibilidad es que estas rocas hayan derivado de magmas asociados al metasomatismo causado por la deshidratación de flogopita, a unos 200 km de profundidad.

SE16-3

GEOQUÍMICA DE GRANITOIDES ASOCIADOS A DEPÓSITOS DE TIPO PÓRFIDO DE COBRE EN SONORA, NOROESTE DE MÉXICO

Santillana-Villa Cecilia¹, Valencia-Moreno Martín¹, Del Río-Salas Rafael¹ y Ochoa-Landín Lucas²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Universidad de Sonora
cecilia.santillanav@gmail.com

La composición geoquímica de muestras de intrusivos asociados a la mineralización de tipo pórfido de cobre y de los plutones ligeramente previos a la misma fue estudiada en cinco depósitos de pórfido de cobre de Sonora, México. Los resultados sugieren el fraccionamiento de ciertas fases minerales durante la extracción de los stocks productores. Estos depósitos están incluidos en el cinturón de pórfido de cobre del suroeste de Norte América, y particularmente en el gran clúster de pórfidos de cobre de Arizona, Nuevo México y Sonora, reconocida como una de las provincias de cobre más importantes a nivel mundial. Los sistemas asociados a esta mineralización se emplazaron durante el Cretácico y el Paleógeno, en condiciones geotectónicas de arco magmático continental. Los sitios muestreados son El Pilar, Buenavista del Cobre, La Caridad, Suaqui Verde y Piedras Verdes. La variación de edad entre cada par de plutones es relativamente pequeña, entre 2 y 5 Ma. Los resultados analíticos indican que ambos pulsos son muy similares en su composición, lo que sugiere una relación consanguínea. La composición de elementos mayores y traza sugiere que los intrusivos productores son relativamente más diferenciados que los plutones precursores. Sin embargo, los patrones de REE de los pórfidos están ligeramente más empobrecidos en comparación con los patrones de los plutones precursores. Por otra parte, el europio muestra un comportamiento sistemático que se caracteriza por una inversión de una anomalía normalmente negativa en el plutón precursor, a una claramente menos negativa hasta positiva, con una forma relativamente cóncava en el segmento de las HREE. Aunque es preliminar, se concluye que estas características sugieren que el magma que generó los intrusivos porfídicos estuvo en equilibrio con una asociación mineral que incluye hornblenda-clinopiroxeno-esfena, quizás de manera paralela con un cambio en las condiciones de oxidación hacia un ambiente más reductor. Un conocimiento similar ha sido reportado también para los sistemas de pórfido de cobre de Arizona.

SE16-4

LA CARIDAD VIEJA: VESTIGIOS DE UN SISTEMA EPITERMAL REMOVIDO DEL SISTEMA PÓRFIDO DE COBRE LA CARIDAD EN EL NORESTE DE SONORA MÉXICO, BASADO EN ESTUDIOS DE XRD, SEM, ANÁLISIS ESPECTRAL SWIR Y FECHAMIENTO DE U-PB EN ZIRCONES

Bejarano Carrillo Cristo Rafael¹, Ochoa-Landín Lucas¹, Del Río-Salas Rafael², Valencia-Moreno Martín³, Páez-Beltrán Cruz³, Ruiz Joaquín⁴ y Espinoza Maldonado Inocente Guadalupe¹
¹Universidad de Sonora, UNISON
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
³Azure Minerals LTD
⁴University of Arizona
cristo.bejarano@unison.mx

El presente trabajo contribuye con nuevos datos para comprender mejor la geología y la distribución espacial de los eventos de alteración y mineralización, así como las nuevas edades de circón U-Pb, permiten explicar la historia magmática del depósito mineral de La Caridad Vieja, el cual es parte del sistema de pórfido Cu-Mo de la mina La Caridad en el noroeste de México. La mineralización se aloja en una secuencia de rocas volcánicas de la Formación Tarahumara del Paleoceno tardío y está asociada con el emplazamiento de stocks de composición cuarzo monzonita, a las que intrusionan. Estudios detallados basados en petrografía, XRD, SEM y SWIR, indican que La Caridad Vieja se caracteriza por una zona de alteración filíca dominada por cuarzo – sericita en las partes más profundas con mineralización asociada de molibdenita + calcopirita + pirita + galena + esfalerita, con valores que oscilan entre 0.1 y 0.9% Cu y <0.02% Mo. Por encima de la zona de alteración filíca, hay una zona de alteración argílica intermedia (cuarzo + caolinita + halloysita + esmectita + illita), principalmente con pirita. En áreas específicas, se observa una alteración argílica avanzada (alunita + pirofilita + dickita + caolinita + halloysita) acompañada por pirita + enargita + famantinita + barita. Las nuevas edades radiométricas de U-Pb en circones indican una edad de 54.71 ± 0.39 Ma para la parte superior de la Formación Tarahumara que aflora en esta área, mientras que uno de los stocks mineralizantes

arrojo una edad de 51.95 ± 0.48 Ma. Los resultados de esta investigación sugieren que La Caridad Vieja corresponde a una porción de la parte superior del pórfido de Cu-Mo de La Caridad, que fue disectado por la falla de La Caridad, durante el evento extensional del "Basin and Range" en el Mioceno. La reconstrucción del modelo geológico sugiere que La Caridad Vieja corresponde a la zona de transición entre el pórfido de Cu-Mo y una zona de mineralización epitermal de alta sulfuración, que fue erosionada. Previo a la dislocación causada por la falla La Caridad, el área erosionada fue cubierta por un conglomerado ferruginoso seguido de flujos y eventos piroclásticos fechados en ~ 24 Ma. Por otro lado, los datos geocronológicos sugieren que el evento de mineralización en La Caridad Vieja, aunque es contemporáneo con el sistema de pórfido de la mina La Caridad, continuó en esta área al menos hasta ~ 52 Ma.

SE16-5

PRESERVATION OF PORPHYRY COPPER DEPOSITS IN THE EASTERN BASIN AND RANGE PROVINCE IN SONORA: INSIGHTS FROM THERMOBAROMETRY AND THERMOCHRONOLOGY OF THE LA CARIDAD AND SUAQUI VERDE MINING DISTRICTS

Noury Mélanie y Calmus Thierry
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
melanienoury@gmail.com

Along the continental Laramide magmatic arc, mineralized porphyry copper bodies associated with the intrusion of hydrated calc-alkaline magmas emplaced in the upper crust between ~ 90 and 60 Ma. These deposits form in the upper crust ($<4-5$ km depth) and are thus difficult to preserve at geological timescale because of exhumation processes (erosion and tectonic denudation). Yet, exhumation processes are fundamental in the development of supergene enrichment which make porphyry copper deposits economically more attractive. In Sonora, exhumation processes are classically interpreted as related to the Basin and Range Oligo-Miocene extension. In order to better constrain the exhumation history of the deposits preserved in this province, we performed a thermochronological (apatite U-Pb and fission-track) and thermobarometrical (Al-in-hornblende) study on the La Caridad and Suaqui Verde porphyry copper deposits located in northeastern and central Sonora, respectively. Both of these deposits are cropping out in the footwall of Basin and Range normal faults. In Suaqui Verde, the porphyritic stock intrudes a granodiorite, which has a similar crystallization age as the mineralization. Thermobarometry data on the granodiorite suggest that it was emplaced at 4.8 ± 0.9 km depth, which implies that Cu-Mo mineralization may occur deeper than the $\sim 2-4$ km depth classically proposed for porphyry copper. Moreover, inverse modeling of apatite U-Pb and fission-track analyses obtained for individual and drill core samples, allowed us to reconstruct the thermal history of porphyry copper deposits in Suaqui Verde and La Caridad. Results show that cooling occurred in two stages: a very fast post-emplacement cooling due to thermal relaxation of the pluton to host rocks temperatures was followed by a period of slow and mainly monotonous cooling. It is interesting to note that thermal modeling results do not show higher exhumation rates during the Basin and Range regional extension between ~ 25 and 12 Ma. However, thermochronological data obtained along a drill core in La Caridad allows reconstructing the evolution of the geothermal gradient through time, which is in agreement with the regional geodynamics. To summarize, despite the Basin and Range regional extension, the studied shallow intrusions and associated mineralization were preserved in eastern Sonora in exhumed footwalls of normal faults. However, no acceleration of the exhumation is recorded by thermochronological data. Yet, it cannot be ruled out that Oligocene volcanic rocks protected the ore deposits from erosion, but they must have remained relatively thin (<500 m-thick) because no evidence of reheating was found. We propose that eastern Sonora was characterized by Basin and Range extension distributed on numerous normal faults with small offsets, which allowed preserving the upper crustal part of the Cretaceous-Paleogene magmatic arc and its numerous associated porphyry copper systems.

SE16-6

PROCESOS PETROGENÉTICOS ASOCIADOS A LA APERTURA DEL GOLFO DE CALIFORNIA: UN ESTUDIO GEOCRONOLÓGICO Y GEOQUÍMICO CON BASE EN LA GEODINÁMICA REGIONAL

González Guzmán René y López Martínez Margarita
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
rguzman@cicese.mx

La transición entre los procesos de subducción y la extensión continental y posterior ruptura de la litósfera en el del Golfo de California se puede reflejar en las características geoquímicas de los productos magmáticos asociados a este marco geológico. Este es uno de los temas mas complejo de la geología mexicana, en el sentido de definir la relación temporal causa-efecto del magmatismo cenozoico, en particular con el proceso distensivo. La mayor parte de los modelos petrológicos, en los que se incluyen generación de los magmas, evolución magmática y el ambiente tectónico específico, se han propuesto con base en áreas geográficas específicas, en donde se ajustan los resultados a una hipótesis definida. En este trabajo

se presenta la recopilación de la base de datos geocronológicos y geoquímicos mas actualizada de rocas ígneas emplazadas en un intervalo desde finales del Paleógeno al Holoceno, en una zona geográfica acotada para descifrar la relación entre los procesos geodinámicos y el magmatismo en el noroeste de México, en concreto con el origen y desarrollo del Golfo de California. Los datos de elementos mayores y trazas (i.e., LILEs, HFSEs y REEs), se utilizan en diagramas geoquímicos convencionales y no convencionales para definir la afinidad de las rocas dentro de las series magmáticas (toleítico, calco-alkalino y alcalino) y sugerir su ambiente geológico (arco, pre-rift, sin-rift y post-rift). El manejo de los datos geocronológicos y geoquímicos se presentan en mapas y modelos paleotectónicos generados según las secuencias magmáticas asociadas a los principales eventos tectónicos. El propósito de este trabajo es aplicar herramientas estadísticas, geoquímicas y computacionales para explicar los procesos regionales asociados al área de estudio, representando un avance para profundizar en la comprensión de este sistema petrogenético complejo.

SE16-7 PLÁTICA INVITADA

MINING, CONTAMINATION AND REMEDIATION, CURRENT AND FUTURE CHALLENGES IN THE SEMI-ARID REGION OF SONORA

Loredo-Portales René
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
rloredop@geologia.unam.mx

Human activities and or natural processes can cause environmental problems generating ecotoxicologic and human health concerns. The main environmental issues in Sonora are mostly related to solid waste management and clean up, presence of mineralized zones and saline soils. Sonora State is a major mineral producer in Mexico, and the environmental pollution associated with active and historical mining has become an issue that needs especial attention. Mining waste can have high concentration of potentially toxic trace elements (PTE) that can reach soils, sediments and rivers, which can eventually be discharged massively for instance, in mining spill accidents. The semiarid climate of the region can enhance this problem because of (i) the lack of water bodies and agricultural lands that prioritize the protection and decontamination of already affected sites, (ii) the rainfall events that produce hydric erosion of mine tailings, and (iii) the formation of efflorescent salts and dispersion contaminated dust from mining waste deposits. Once that PTE are dispersed into the environment, their fate and toxicity depends on the physicochemical properties of PTE and the environmental matrixes involved, the chemical forms, as well as the interactions with other compounds, regulating mobility and bioavailability. The study of these processes is complex and challenging, and a multidisciplinary perspective is required, involving disciplines such as geology, chemistry, biology, environmental sciences, etc. Understanding the biogeochemical dynamics of PTE is fundamental to assess the current and future environmental and human health effects, which can help to make decisions and developing effective remediation strategies. The numerous active mines and abandoned mining sites can cause negative effects in several regions of Sonora, highlighting the attention and remediation of waste in different scenarios (e.g. rural, urban, agricultural, cattle rising, etc.). Despite the increasing attention in policies and normative for regulation and disposal of mining waste, numerous active and abandoned mining sites, still causes negative effects in large areas in the region. Therefore, research and actions need to be developed. The research regarding environmental effects of mining activities in Sonora are scarce. Some research is mainly focused on dispersion and bio magnification of some PTE in the environment, and others are related to the impact of recent mining accidents. In this sense, the creation and establishment of local multidisciplinary research groups are necessary to study the environmental problems, where regional geology and climatic conditions can exacerbate these problems. Some of the starting research studies are focused on the identification of vulnerability of aquifers to study PTE contamination, the characterization of contaminated and uncontaminated soils and interactions, the elemental and isotope geochemistry of PTE in the environment, risk assessment and exposure, identification and quantification of mining sites with GIS, tracing origin and fate of contaminants and proposal and design of techniques on stabilization and bioremediation of mine tailings and soils.

SE16-8

ANÁLISIS MULTI-ESPECTRAL MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE PARA LA EXPLORACIÓN DE YACIMIENTOS MINERALES: DISTRITO NACAZARI, SONORA MÉXICO

Mendivil-Quijada Hector
Geo Digital Imaging de México SA de CV, GDIM
hmendivil@gdim.com.mx

El noroeste de México ha sido desde tiempos de la Colonia una zona de gran importancia minera que se caracteriza por una amplia variedad de yacimientos minerales, muchos de ellos considerados como de los principales del País. En términos de yacimientos de tipo magmático-hidrotermales, el Estado de Sonora es uno de los más importantes, y en especial, el distrito minero de Nacozari, con la segunda mina más grande de Cobre-Molibdeno de México. Este tipo de yacimientos presentan extensas y características zonas de alteración hidrotermal, dado que los minerales que conforman estas alteraciones son reconocibles por espectrometría,

es posible estudiar estas zonas mediante procesamiento multiespectral de imágenes de satélite para así identificar las zonas de alteración presentes en el área. Los sensores multiespectrales satelitales pueden registrar respuestas en diferentes partes del espectro electromagnético, sectores que van desde el visible hasta el infrarrojo térmico (o emitido), pasando por el infrarrojo cercano y el infrarrojo de onda corta (o reflejado). Estos diferentes sectores pueden ser estudiados para obtener información de la superficie terrestre mediante diferentes procesos digitales aplicados a las imágenes. Esto se logra ejecutando variados procesos espectrales, que van desde álgebra y composición de bandas hasta procesos de identificación por comparación de respuesta a longitudes de onda determinadas dentro del espectro electromagnético. Aprovechando la respuesta espectral de los diferentes minerales de alteración es posible obtener entonces distintas imágenes derivadas de estos procesos que presenten no sólo el tipo de alteración sino también su abundancia y distribución espacial. Algunos productos de interés para la exploración por yacimientos minerales obtenidos de los procesos espectrales son: imágenes para la identificación y localización de grupos de alteración como la filica, propilitica y argílica; índices de minerales de interés en la exploración minera como la alunita, montmorillonita y kaolinita entre otros; índices de FeO₃ y FeO₂; índices de SiO₂ y calcita; composiciones en las bandas RGB (combinando las diferentes zonas de alteración), y procesos para obtener contrastes litológicos. Los datos que se obtienen con este tipo de análisis (basándose en los diferentes modelos de yacimientos ampliamente aceptados en la comunidad geológica), pueden apoyar la interpretación de diferentes niveles de exhumación de yacimientos conocidos, así como la posibilidad de definir de manera preliminar la presencia de zonas potenciales para albergar sistemas de tipo pórfido de cobre o epitermales. El uso de imágenes multiespectrales y la metodología de procesamiento espectral es una excelente herramienta de apoyo para la obtención de información que pudiera llevar a la reafirmación de localidades de interés minero o al descubrimiento de nuevos yacimientos económicos, sin embargo, sigue siendo necesario el trabajo de campo para poder definir con mayor certeza las zonas de posibles yacimientos metálicos rentables económicamente.

SE16-9

SECCIONES GEOLÓGICAS REGIONALES PRELIMINARES DE UNA PORCIÓN DEL ESTADO DE SONORA PARA LA OBTENCIÓN DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

Medina Ortega Priscila¹, Escolero Fuentes Oscar A.², Morán Zenteno Dante Jaime², Pérez-Quezadas Juan³ y Morales-Casique Eric²

¹Posgrado de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
priscila.medina.or@gmail.com

El Sistema de Flujo Regional "Sonora" (SFRS) comprende la zona norte del estado, desde la sierra La Mariquita hasta las costas de Hermosillo, con una extensión de 41,266.36 Km². La construcción del modelo geológico regional es de gran utilidad para determinar un modelo hidrogeológico conceptual que ayude a comprender y definir, junto con otras metodologías, las trayectorias preferenciales de los componentes de flujos. Actualmente, no se cuenta con un modelo regional que permita estimar las profundidades de los rellenos sedimentarios que están presentes en la zona producto de la fase orogénica Basin and Range y su extensión en el Cenozoico. En este trabajo, se construyeron secciones geológicas regionales con base en una variedad de estudios geofísicos existentes en las cuencas del Río Sonora, Mesa del Serí, La Victoria, Costa de Hermosillo, Río Bacanuchi, Río Bacoachi, Río San Miguel, Río Zanjón y Río San Pedro, la geología superficial reportada por el SGM, cortes litológicos de pozos de agua potable, estructuras geológicas reportadas y obtenidas por un procesamiento de MDE a una resolución de 15 m. Los principales rasgos tectónicos expresados en la morfología son una serie de pilares y fosas desarrollados desde el Paleógeno hasta el Plioceno que presentan una orientación general N-S. Las sucesiones presentes en la zona de estudios son: El registro Proterozoico inferior está representado por esquistos y gneiss (Complejo Bamor) que afloran a 32 km al sur de Cananea y un granito distribuido en pequeños afloramientos en el norte de Sonora. El registro del Proterozoico Superior incluye secuencias de areniscas, dolomías, areniscas y calizas-arenisca, distribuidas en las sierras centrales cercanas a los ríos San Miguel y Zanjón. Del Cámbrico hay diversas formaciones con capas de calizas, areniscas, dolomías y se distribuyen entre las Sierras de Cumpas y Benjamín Hill. Del Ordovícico al Pérmico se tiene una sucesión de capas de caliza y arenisca reportada principalmente en los alrededores de la Ciudad de Hermosillo. Para el Jurásico inferior-medio se han reportado capas de areniscas, calizas y andesitas en las cercanías de Benjamín Hill, así como una unidad de riolita denominada el Pinito y un cuerpo de granito en el límite NW de Cananea. Para el Jurásico superior son areniscas, limolitas y lutitas que afloran en las sierras cercanas de Santa Ana. El registro del Cretácico comprende sucesiones de calizas, lutitas y areniscas de las formaciones Mora, Mural y Cintura que afloran en Magdalena de Kino, pero también hay formaciones como la Tarahumara, Mesa y Tuli que son secuencias de andesitas y tabas andesíticas que son intrusionadas por cuerpo granítico-granodioríticos. Del Paleógeno, existen una gran variedad de rocas volcánicas de composición basáltica, andesítica y dacítica, la que presenta amplia distribución es la Fm. Lista Blanca. Del Mioceno existen derrames basálticos, andesíticos, dacíticos, traquíticos y también está la ampliamente distribuida Fm. Bacaurit que son conglomerados polimícticos con secuencias de areniscas. Los rellenos que están presentes en las

cuencas son conglomerados polimícticos del Pleistoceno y sobreyaciéndolos están los sedimentos aluviales del holoceno.

SE16-10

MINERALOGÍA DE SALES EFLORESCENTES EN RESIDUOS MINEROS HISTÓRICOS DE SONORA: IMPLICACIONES EN LA MOVILIDAD DE EPT

Moreno Rodríguez Verónica¹, López Pérez Maricela¹, García Martínez David¹, Del Río-Salas Rafael², Loredo-Portales René² y Ayala Ramírez Yessi¹

¹Universidad Estatal de Sonora
²Estación Regional del Noroeste, UNAM
veronica.moreno@ues.mx

El manejo de residuos mineros históricos es una problemática ambiental a nivel mundial debido a que son una fuente de elementos potencialmente tóxicos (EPT). Los fenómenos de liberación de EPT dependen de un conjunto de transformaciones mineralógicas bajo condiciones ambientales. Los sulfuros pueden albergar cantidades significativas de metales económicamente importantes como Cu, Ni, Zn, Pb, Au y Ag. A pesar de su importancia económica son también fuentes importantes de EPT, como por ejemplo As, Se, Cd, Sb, Hg, etc., los cuales se encuentran comúnmente en concentraciones traza. La oxidación de sulfuros expuestos a procesos de intemperismo resulta en la generación de aguas ácidas con alto contenido de EPT, denominadas como drenaje ácido de mina (DAM). En climas áridos-semiáridos (altas temperaturas y lluvias torrenciales), la acidez y las concentraciones de EPT en el DAM aumentan exponencialmente respecto a climas más templados. Las aguas ácidas intersticiales con alto contenido de EPT migran a la superficie del residuo, como consecuencia de la alta tasa de evaporación y fuerzas de capilaridad, desencadenando la formación de minerales secundarios conocidos como sales eflorescentes, precipitando sobre la superficie del residuo minero. Dichas sales juegan un papel importante en la movilidad, dispersión y accesibilidad de EPT debido a que son altamente solubles y presentan baja cohesión, por lo que pueden fácilmente ser dispersadas por el viento. El Estado de Sonora, en noroeste de México, contiene depósitos de jales históricos a lo largo de sus distritos mineros. El depósito de jales históricos localizado en San Felipe de Jesús, en Sonora central, se caracteriza por el desarrollo de sales eflorescentes y otros minerales secundarios. La concentración de Zn y Pb pueden llegar a ser de ~18 y 1.5%, respectivamente. Este depósito es de relevancia ambiental dado a: 1) su cercanía a dicho poblado, 2) que colinda con campos agrícolas y, 3) que está sobre el lecho del río Sonora. Estudios de difracción de rayos X en muestras de jales y sales eflorescentes indican la presencia de rozenita, starkeyita, kieserita, szolmonokita y epsomita. Estos minerales son altamente solubles y por lo tanto pueden dispersar EPT al medio ambiente. En particular, en las muestras de polvo de calle de San Felipe de Jesús se identificó la presencia de rozenita, lo cual demuestra la dispersión por viento a partir de dicho depósito de jales. La presencia de minerales secundarios en las sales eflorescentes pueden servir como un índice para identificar movilidad de EPT en zonas áridas y semi-áridas. Los resultados mineralógicos indican una alta movilidad y un potencial de disponibilidad de EPT, representando un riesgo a los ecosistemas.

SE16-11

BARNIZ DEL DESIERTO EN SONORA: ENFOQUES GEOQUÍMICOS, BIOLÓGICOS Y MICROPEDOLÓGICOS

Martínez-Pabello Pavel Ulianov, Sedov Sergey, Solleiro Rebolledo Elizabeth, Pi Teresa, Sole Jesus y Alcántara Rocío
¹Instituto de Geología, UNAM
pavelm@geologia.unam.mx

El barniz del desierto es una microcapa oscura que se forma en superficies rocosas, generalmente asociadas con ambientes áridos y desérticos. Se componen principalmente de arcillas minerales en un 60%, mientras que el resto son óxidos de Fe y Mn. Las tasas de crecimiento son muy lentas y varían de <1 a 40 μm / ky. Existen diferentes propuestas que explican los mecanismos de formación, sin embargo, este proceso aún se desconoce. En el barniz del desierto, diferentes grupos y comunidades humanas en todo el mundo han creado petroglifos con diferentes significados. El sitio arqueológico de La Proveedora en el desierto de Sonora es conocido por tener una gran cantidad de petroglifos hechos en rocas de granito. Se cree que los grupos ocuparon el área a mediados del Holoceno (ca 5000-3000 aC). El presente estudio tiene como objetivo analizar y buscar posibles señales y contribuciones de entornos pasados y procesos actuales conservados en capas de barniz. El análisis XRD, LIBS y SEM-EDS mostró que la distribución y las concentraciones de Mn tienen un comportamiento bajo-alto-bajo, mientras que ocurre lo contrario para el Fe en una escala de profundidad desde la superficie hasta el contacto con el granito. El análisis biológico de ADN mostró la presencia mayoritaria del grupo Proteobacterias y Actinobacterias. Se observa que algunos de estos microorganismos pueden incorporar Fe y Mn en su metabolismo y movilizarlos a través del barniz para su posterior formación. Los datos obtenidos sugieren que los mecanismos de formación de barniz y acumulación de Mn y Fe se deben a la mezcla de varios factores: 1) la actividad ocasional e intermitente de las bacterias en ciernes, que acidifica el medio y promueve la disolución de los materiales de la roca madre, además de redistribuirlos a lo largo del barniz; 2) la actividad fotooxidativa del Sol provoca la presencia de Especies Reactivas del Oxígeno (ERO) que pueden

oxidar los materiales parentales y acumularse por la actividad del viento en el barniz, dejándolos biodisponibles y 3) la infiltración de humedad en los microporos hace que los óxidos de Fe y Mn sean distribuidos a lo largo de la columna de barniz, penetrando incluso la roca madre. El análisis de radiocarbono ^{14}C indica una edad muy temprana asociada principalmente con microorganismos recientes. La comparación de las áreas de barniz y las superficies dentro de los petroglifos sugiere que la formación de barniz se produjo en condiciones del pasado donde la humedad era más alta, y que probablemente es un mecanismo de formación muy lento, intermitente o que no está activo en la actualidad. El barniz del desierto también puede considerarse un escenario análogo para la exploración del barniz presente en otros entornos áridos y desérticos planetarios como los observados en Marte.

Sesión especial

**ÁREA DE EXHIBICIÓN:
INSTRUMENTACIÓN,
PRODUCTOS, Y SERVICIOS
OFRECIDOS POR EMPRESAS E
INSTITUCIONES ACADÉMICAS**

Organizadores:

Félix Rodríguez

Daniel Peralta

Vanesa Magar

SE17-1

BGP NON-SEISMIC SURVEYS. SERVICIOS GEOFÍSICOS Y APLICACIONES EN HIDROCARBUROS.

Montiel Aideliz, Xiaoming Zhao y Ligen Yang
BGP INC, BGP
aidelizmontiel@bgpbolivia.com.bo

BGP es una compañía de geofísica que ofrece una amplia gama de productos y servicios a nivel mundial. Dentro de esta empresa, el departamento de Estudios No Sísmicos (BGP Non-seismic Surveys) busca impulsar el uso de diversos métodos geofísicos en la exploración de recursos naturales y en la ingeniería. Las diversas técnicas están dentro de tres categorías principales: los métodos electromagnéticos, gravimétricos y magnéticos, y geoquímicos. De éstos, se ofrecen desde los métodos tradicionales, en modalidades terrestres y marinas, hasta algunas técnicas únicas desarrolladas en la empresa. Además, BGP ha realizado desarrollo de software y técnicas de procesamiento integrado para mejorar la interpretación de resultados. BGP Non-seismic Surveys ha realizado más de 100 proyectos, en más de 30 países alrededor del mundo. En la última década, se han realizado varios proyectos en Sudamérica, con una aceptación creciente gracias a los resultados logrados para diferentes empresas. De igual forma, queremos crear lazos en México, tanto con empresas como con instituciones académicas, para ofrecer nuestros servicios y cooperación en proyectos geofísicos. BGP Non-seismic Surveys ha incursionado principalmente en el área de los hidrocarburos donde se hace cada vez más necesaria la información de varias propiedades para caracterizar las zonas de estudio de una forma más completa, especialmente en zonas de complejidad geológica. En proyectos de exploración de petróleo y gas, para la identificación de zonas potenciales, se utilizan algunos métodos clásicos. Mientras que, para campos en explotación, BGP cuenta con métodos electromagnéticos clave, como el TFEM (Time-Frequency Electromagnetic), y únicos, como el BSEM (Borehole to Surface Electromagnetic), que han resultado altamente efectivos en la delimitación de reservorios. Además de introducir dichos métodos, mostraremos algunos casos de aplicación en proyectos de distintas partes del mundo. Particularmente, algunos en Sudamérica, donde se está incrementando el uso de métodos geofísicos, alternativos a la sísmica, para realizar interpretaciones integradas y obtener datos más precisos para perforación.

SE17-2

BGP NON-SEISMIC SURVEYS. APLICACIONES EN GEOTERMIA.

Ligen Yang, Xiaoming Zhao y Montiel Aideliz
BGP INC, BGP
yangligen@cnpc.com.cn

BGP es una empresa de geofísica, que brinda servicios para diferentes industrias y líneas de exploración, una de ellas es la geotermia. Dentro de esta industria, el departamento BGP Non-seismic Surveys, tiene por objetivos mejorar la exploración de yacimientos potenciales, identificar zonas factibles para perforación, delimitación del yacimiento, así como el monitoreo de campos en explotación. Esto logrado mediante el uso de diversos métodos geofísicos, de los cuales, los más utilizados son el método magnetotélúrico y la gravimetría, en el caso de la exploración geotérmica. La geotermia es una energía limpia, ampliamente distribuida, que ha incrementado su demanda a nivel mundial debido a una redirección y transformación de la generación de energía, como un esfuerzo para mitigar los efectos de contaminación y calentamiento global. Al igual que en la exploración de otros recursos subterráneos, la geofísica ha jugado un rol muy importante en la determinación de yacimientos geotérmicos, definición de sus dimensiones y profundidad a la fuente. BGP ha realizado servicios de exploración geotérmica en distintos lugares del mundo, de los cuales mostraremos algunos ejemplos de los proyectos concluidos a la fecha.

SE17-3

VASE SÍSMICA SERVICIOS Y SOLUCIONES EN INSTRUMENTACIÓN Y SISMOLOGÍA APLICADA

Vargas Jocelyn y Vargas Janet
Vase Sísmica
jocelyn@vasesismica

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

SE17-4

CICESE: POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA FÍSICA

Valverde García María Fernanda
CICESE
mariafernanda@cicese

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

SE17-5

AMPERE : TU ALIADO EN INSTRUMENTACIÓN Y TELEMETRÍA

Simonett Carla, Duque Jesús, Rodríguez Ricardo y Rodríguez Carla
Amperé
carla@ampere

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

SE17-6

IPICT: LOS POSGRADOS DE GEOCIENCIAS APLICADAS A 20 AÑOS DE LA CREACIÓN DEL IPICT

Ramos-Leal José Alfredo y Dávila Harris Pablo
IPICT
josealfredo@ipicyt

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

SE17-7

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

Delgado Granados Hugo, Blanco Xóchitl y Jácome Paz Mariana Patricia
UNAM
hugo@unam

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

SE17-8

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM: INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y SU IMPACTO NACIONAL E INTERNACIONAL

Morán Zenteno Dante Jaime y Beramendi Orosco Laura
UNAM
dante@unam

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

SE17-9

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM

Siebe Christina
UNAM
christina@unam

En esta celebración atípica e inesperada del 60 aniversario de la Unión Geofísica Mexicana, la participación de empresas e instituciones que tradicionalmente nos acompañan, ha sido fundamental para llevar a cabo esta Reunión Anual Presencial y Virtual. Agradecemos a todas las instituciones y empresas por su generosa contribución, no sólo para la realización de este evento, sino también a la generación de nuevos conocimientos, servicios, productos y soluciones que nutren año tras año el intercambio de ideas que dan vida a nuestra reunión anual.

Sesión especial

CONFERENCIAS PLENARIAS

Organizadores:

Daniel Peralta

Vanesa Magar

SE19-1

THE ICESAT-2 MISSION: LAND, OCEAN, AND INLAND WATER DATA PRODUCTS FOR MIDDLE AND LOW LATITUDE SCIENCE AND APPLICATIONS

Jasinski Michael
Hydrological Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA
michael.f.jasinski@nasa.gov

NASA's Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite (ICESat-2) is a polar orbiting mission, launched on September 15, 2018, with over two years of nearly continuous observations. The sole instrument onboard is the Advanced Topographic Laser Altimeter System (ATLAS), a micropulse, high repetition rate, six-beam, 532 nm Lidar with photon-counting technology. Although designed primarily for detecting height changes in ice caps and sea ice in the high latitudes, it continuously observes all terrain in its track including middle and low latitude regions as well, during approximately 15 orbits per day. The official ICESat-2 products include not only cryosphere data but also global high resolution parameters associated with tree canopies, land surface, oceans, and over 1.5 million inland water bodies consisting of lakes, rivers and coastal waters. This presentation provides an overview and the status of the ICESat-2 mission including: i) a summary of the salient technological features and orbit design, ii) the official ICESat-2 science data products for ice, vegetation canopy, ocean sea level, and inland water including several examples in the middle and low latitudes, iii) a list of NASA sponsored software tools for globally browsing the two year archive and for processing both the raw data and the official ICESat-2 geophysical data products, and iv) avenues for interested users to connect with the ICESat-2 Applications Program for answering questions and assistance in possibly using ICESat-2 data in your particular science or application. The overall goal is to facilitate the use of ICESat-2 data not only for science investigations but also for improved decision support applications with societal benefit. Additional ICESat-2 information, documentation and data products are publicly available at <https://nsidc.org/data/icesat-2>.

SE19-2

HURRICANE RISK IN MEXICO: PRESENT AND FUTURE

Emanuel Kerry
Atmospheric Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA
emanuel@mit.edu

We use an advanced tropical cyclone downscaling model applied to climate reanalyses and the latest generation of climate models to estimate current and future projected hurricane risk along the Atlantic and Pacific coasts of Mexico. Risks of both high winds and heavy rains will be presented along with projections of how these risks might evolve over this century.

SE19-3

COMUNICAR RIESGOS: UN PELIGRO AÑADIDO

García Jiménez Daniel
Big Van Ciencia, España
garciajimenez.d@gmail.com

En plena marea de infoxicación sanitaria es crucial comunicar la investigación eficazmente. Pese a estar más alejadas de la opinión pública, las Ciencias de la Tierra también se ven sometidas a la presión pública en temas como los recursos y peligros naturales, el omnipresente cambio climático o el uso del territorio. En los últimos años los investigadores hemos cobrado conciencia de la necesidad de salir de nuestra torre de marfil y tomar la palabra. Pero el mundo de los medios de comunicación y las redes sociales es ancho y ajeno a nuestras preocupaciones. ¿Cómo adentrarse en esa jungla y salir con bien? ¿Cómo traducir nuestros sesudos estudios en mensajes digeribles para la calle? ¿Cómo gestionar las incertidumbres de la ciencia y la necesidad pública de certezas? ¿Qué hemos aprendido antes y durante 2020 sobre comunicación de crisis? ¿Se puede aplicar todo esto a disciplinas más alejadas del foco mediático? En esta plática exploraremos qué dicen los estudios de comunicación científica sobre estos interrogantes a través de casos paradigmáticos dentro y fuera de las Ciencias de la Tierra.

SE19-4

THE DUET OF MACHINE LEARNING AND CONVENTIONAL MODELING IN EARTH SYSTEM SCIENCE: A PERSONAL JOURNEY

Zeng Xubin
Department of Hydrology and Atmospheric Sciences, University of Arizona, Tucson, Arizona 85721, USA
xubin@arizona.edu

With the exponential growth of data and computer power, machine learning (ML), or more broadly data science, has received much attention in Earth system science. Here I will share my personal journey in combining data science with conventional modeling for the study of the atmosphere, ecosystem, and hydrology in the past three decades, from chaotic atmospheric data analysis in the 1990s, to spatial vegetation

patterns and bifurcation studies in the 2000s, and to the more recent efforts in seasonal hurricane forecasting, river flow prediction, retrieving feature-tracking atmospheric motion vectors, and global warming projection.

SE19-5

¿CÓMO DESVIAR UN ASTEROIDE EN RUTA DE COLISIÓN CON LA TIERRA?

Tancredi Gonzalo
Departamento de Astronomía, UdeLaR, Uruguay
gonzalo@fisica.edu.uy

Las superficies de los planetas han sufrido a lo largo de su historia el impacto de pequeños cuerpos: asteroides y cometas. La alta densidad de cráteres en la superficie de la Luna es clara prueba de ello. El desarrollo de vida en la Tierra ha estado pautada por estos impactos, ya que la colisión de objetos kilométricos a hipervelocidades produce desastres ambientales con consecuencias catastróficas a escala global. El futuro de la humanidad no está eximido de este riesgo. Por ello se ha venido trabajando para mitigar este tipo de catástrofes. Por una parte, se está intentando catalogar la totalidad de los objetos potencialmente peligrosos. Además, desde observatorios en la superficie terrestre y en órbita y con sondas espaciales se busca caracterizar físicamente estos objetos. Con esta información, se han diseñado diferentes técnicas para intentar desviar un asteroide en ruta de colisión con la Tierra. Finalmente, se han hecho varios ejercicios de simulacro de las acciones a tomar en caso de un peligro inminente. La constitución física es un parámetro clave al momento de evaluar la eficacia de las diferentes técnicas de desvío. Una de las técnicas propuestas, y que se testeará con la misión DART de la NASA en el año 2022, es el impactor cinético. Jugando a un billar cósmico, se golpeará a un asteroide con una sonda espacial masiva para desviar su curso. ¿Cómo afecta la constitución física interna la eficiencia de este método? Los asteroides son, en su mayor parte, aglomerados de rocas de diverso tamaño mantenidos por auto gravedad. Los impactos en su superficie producen ondas sísmicas que se propagan al interior de los objetos. Por tanto, las consecuencias de impactar un objeto monolítico o un aglomerado pueden ser muy diferentes. Para estudiar la propagación de ondas generadas por impactos en medios granulares, estamos desarrollando experiencias de laboratorio y simulaciones numéricas usando las técnicas de Discrete Element Methods. Describiremos algunos resultados relativos al pasaje de ondas sísmicas generadas por impactos a través de un medio granular sometido a diferentes niveles de compresión. La compresión del material simula las condiciones al interior de un asteroide sometido a auto gravedad. Se observa un aumento de la velocidad de propagación de la onda al aumentar la presión de confinamiento, y una atenuación de la onda. Estos resultados son relevantes para entender las consecuencias de los impactos entre asteroides y para las técnicas de desvío de asteroides en curso de colisión con la Tierra.

ÍNDICE DE AUTORES

Abdullin Fanis	GEOQP-7	53	Amador-Castro Imelda G.	SE15-3	149
Abella Gutiérrez José Luis*	OCE-7	70	Amaro Méndez Oscar	CCA-24	13
Ábrego Góngora Carlos	GEOQ-9	30	Andrade Canto Fernando	OCC-12	63
Ábrego Góngora Carlos	GEOQ-10	31	Andrade Mascote Ernesto	FE-1	26
Acevedo-Whitehouse Karina	OCE-11	71	Andrade Mascote Ernesto	FE-4	26
Acosta José	SE10-1	133	Andrade Mercedes	SE15-7	150
Acosta Ochoa Guillermo	AR-7	3	Andrews Benjamin*	SE05-1	115
Acosta Ochoa Guillermo	SE06-10	118	Ángeles González Luis Enrique	SE15-39	158
Acosta Solís Gonzalo*	OCC-1	61	Ángeles-Moreno Edgar*	GET-7	40
Adame Kare	OCE-11	71	Angulo Carrillo Joel	SE14-8	147
Adams David	CCA-8	9	Appendini Albrechtsen Christian M.	OCC-9	62
Adams David	CCA-10	9	Appendini Albrechtsen Christian M.	OCC-11	63
Adams David	CCA-12	10	Appendini Albrechtsen Christian M.*	OCC-14	63
Adams David*	SE12-6	142	Appendini Albrechtsen Christian M.	OCC-16	64
Aguayo Haro Ramiro	SE06-12	119	Appendini Albrechtsen Christian M.	OCC-22	65
Aguilar Aguilar Yeraldin Odalys*	RN-8	79	Appendini Albrechtsen Christian M.	OCC-23	65
Aguilar-Arellano Felisa Josefina	PALEO-6	75	Appendini Albrechtsen Christian M.	OCE-5	70
Aguilar-Arellano Felisa Josefina	SED-4	85	Appendini Albrechtsen Christian M.	SE15-14	152
Aguilar Mena Baruch*	SE15-4	149	Appendini Albrechtsen Christian M.	SE15-29	155
Aguilar-Mena María Elena*	GGA-1	46	Appendini Albrechtsen Christian M.	SE15-33	156
Aguilar Ortega Francisco	CCA-7	9	Aragón-Aguilar Alfonso	SE14-5	146
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-1	26	Aragón Robles Alondra	GEOH-6	34
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-2	26	Aragón Robles Alondra	GET-18 CARTEL	43
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-4	26	Aragón Robles Alondra	GEOQP-4	52
Aguilar Rodríguez Ernesto*	FE-6	27	Aragón Robles Alondra	SE11-1	137
Aguilar Treviño Carlos*	GEOQ-8	30	Aragón Robles Alondra	SE11-2	137
Aguilar Treviño Carlos	SE08-17	128	Aragón Robles Alondra*	SE11-8	138
Aguilar-Velázquez Manuel J.*	SIS-17	92	Aragón Robles Alondra	SE11-9	139
Aguilar-Velázquez Manuel J.*	SE12-9 CARTEL	142	Aragón Robles Alondra	SE11-10	139
Aguillón Robles Alfredo	GEOQP-5	52	Arámbula Mendoza Raúl	VUL-1	97
Aguillón Robles Alfredo	VUL-5 CARTEL	98	Arango Galván Claudia	EG-5	18
Aguirre Alfredo*	SIS-20	93	Arango Galván Claudia	EG-16	21
Aguirre Alfredo	SE15-34	156	Arango Galván Claudia	SE14-1	146
Aguirre Bahena Fernando*	OCE-1	69	Arango Galván Claudia	SE14-5	146
Aguirre Bahena Fernando*	OCE-2	69	Archundia Denisse	SE07-5	122
Aguirre Bahena Fernando	SE08-11	127	Arciniega-Ceballos Alejandra	SIS-7	90
Aguirre Bahena Fernando*	SE08-13	127	Arellano Gil Javier*	GP-3	37
Aguirre Bahena Fernando	SE08-14	127	Arellano Gil Javier*	SE02-9	104
Aguirre Díaz Gerardo	VUL-4	97	Arellano Gil Javier*	SE07-2	121
Aguirre Díaz Gerardo	VUL-5 CARTEL	98	Arenivar Sepulveda Erick Andrés*	GEOH-6	34
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús*	SE07-9 CARTEL	123	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	GET-18 CARTEL	43
Aguirre Díaz Gerardo de Jesús	SE07-10 CARTEL	123	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	GEOQP-4	52
Aguirre Espinosa José*	GEOQP-3	52	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	SE11-1	137
Aguirre Gómez Raúl	OCE-6	70	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	SE11-2	137
Aguirre Gómez Raúl*	SE01-2	100	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	SE11-8	138
Agustín Muñoz Rogelio	SE02-11	105	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	SE11-9	139
Ahumada Sempoal Miguel Ángel	SIS-3	89	Arenivar Sepulveda Erick Andrés	SE11-10	139
Ahumada Sempoal Miguel Ángel	SE15-32	156	Arévalo Ruiz Juan Fernando	GEOH-6	34
Akram Jubran	SIS-21	93	Arévalo Ruiz Juan Fernando	GET-18 CARTEL	43
Aladro Chio Young Ho	EG-2	18	Arévalo Ruiz Juan Fernando	GEOQP-4	52
Aladro Chio Young Ho	SE10-8	134	Arévalo Ruiz Juan Fernando	SE11-1	137
Alaniz Álvarez Susana Alicia	GET-6	40	Arévalo Ruiz Juan Fernando	SE11-2	137
Alatorre García Alfonso*	SE02-16 CARTEL	106	Arévalo Ruiz Juan Fernando	SE11-8	138
Alatorre Zamora Miguel Angel*	AR-8	3	Arévalo Ruiz Juan Fernando	SE11-9	139
Alatorre Zamora Miguel Angel*	EG-18	21	Arévalo Ruiz Juan Fernando	SE11-10	139
Alatorre Zamora Miguel Angel	MSG-12	59	Arévalo Ruiz Juan Fernando*	SE11-11	139
Alcalá Reygosa Jesús	GET-16 CARTEL	43	Arias Esquivel Víctor Alejandro*	SE03-14	110
Alcalá Reygosa Jesús	SE07-1	121	Arias Izquierdo Jafet*	EG-11	20
Alcántara Rocio	SE16-11	163	Armienta Hernández María Aurora	GEOH-2	33
Alcaraz Cabrera Manuel Sebastián*	VUL-1	97	Armienta Hernández María Aurora	GEOH-4	33
Alcocer Durand Javier	SE01-1	100	Arnaud-Nguyen Emilie	SE06-11	118
Alcocer Durand Javier	SE01-6 CARTEL	100	Arregui Ojeda Sergio	EG-2	18
Alegret Laia	PALEO-2	74	Arregui Ojeda Sergio	SE08-18	128
Allende Arandía María Eugenia	OCC-22	65	Arregui Ojeda Sergio	SE08-20	129
Allende Arandía María Eugenia*	SE15-17	152	Arregui Ojeda Sergio	SE10-8	134
Almaguer Joselin*	EG-17	21	Arregui Ojeda Sergio	SE10-9	134
Almanza Víctor	CCA-14	10	Arreguín Felipe*	SE10-5	133
Alonso Ruíz Francisco Martín	MSG-14 CARTEL	59	Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús*	PALEO-2	74
Alonso Ruíz Francisco Martín	RN-10	80	Arreola-Lizárraga José Alfredo	SE15-3	149
Alonso Ruíz Francisco Martín	RN-15	81	Arreola Torres Roberto	AR-7	3
Altamimi Zuheir*	SE05-3	115	Arriaga García Jaime Alonso*	OCC-3	61
Altamirano del Carmen Miguel Ángel*	CCA-23	12	Arriaga García Jaime Alonso	OCC-10	62
Altamirano del Carmen Miguel Ángel	CCA-25	13	Arriaga García Jaime Alonso	OCC-11	63
Altamirano del Carmen Miguel Ángel	CCA-26	13	Arriaga García Jaime Alonso*	SE15-22	154
Altamirano del Carmen Miguel Ángel	CCA-27	13	Arriaga García Jaime Alonso	SE15-41	158
Altamirano del Carmen Miguel Ángel	CCA-28	13	Arroyo Danny*	SIS-4	89
Altamirano del Carmen Miguel Ángel	CCA-29	14	Arroyo Danny	SIS-16	92
Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-7 CARTEL	50	Arteaga Martínez David de Jesús	CCA-24	13
Álvarez-Ospina Harry	CCA-2	8	Audemard M. Franck A.	GEOQ-2	29
Álvarez-Ospina Harry	CCA-16	11	Ávila-Barrientos Lenin*	GEOQ-1	29
Álvarez Román*	GET-1	39	Ávila-Foucat Sophie*	SE15-15	152
Álvarez Román*	GET-2	39	Ávila-Foucat Sophie	SE15-18	153
Álvarez-Ruedas Heber*	SIS-6	90	Ávila-Foucat Sophie	SE15-40	158
Álvarez-Sánchez León Felipe	PALEO-8	75	Ávila García Jesús Manuel*	EG-24	23
Álvarez-Silva Oscar	OCC-28 CARTEL	66	Ávila Oscar*	EG-14	20

Avilés Esquivel Thalia Anaid*	SE14-4	146	Bolivar Mata Roberto Carlos	SE11-9	139
Ayala Ramírez Yessi	SE16-10	163	Bolivar Mata Roberto Carlos*	SE11-10	139
Baeza Olivas Vanessa	SE11-3	137	Bollman Jorg	OCE-1	69
Baeza Olivas Vanessa	SE11-4	137	Borges Santana Oscar	GET-5	40
Bandy William	EG-24	23	Botzen W. J. Wouter	CCA-25	13
Barajas Acosta Néilda	SE15-3	149	Bouali Marouan	SE09-1	131
Barajas Flores Eder Omar*	SIS-14	91	Bravo Ayala Manuel Alejandro	SE02-3	103
Barba López María del Refugio*	SE01-1	100	Bravo Ayala Manuel Alejandro*	SE02-4	103
Barba López María del Refugio	SE01-5 CARTEL	100	Bravo Cuevas Víctor Manuel	PALEO-7	75
Barba Pingarron Luis	SE06-3	117	Brezsnyanszky Karoli	AR-9 CARTEL	3
Barcenas Castro Maydes*	CCA-32 CARTEL	14	Brito Castillo Luis	CCA-7	9
Barón Sevilla Benjamin	GEOQP-1	52	Brito Castillo Luis	CCA-33 CARTEL	15
Barragán Gasca Fanny Astrid	GP-3	37	Brown Colin	EG-7	19
Barragán Gasca Fanny Astrid	SE02-9	104	Brudzinski Michael R.	SIS-7	90
Barragán-Manzo Ricardo*	PALEO-8	75	Bruhn David	SE14-5	146
Barrera Alan	AR-4	2	Bruster Flores José	GEOD-9	30
Barrera Gómez Elizabeth	GEOH-6	34	Bruster Flores José	GEOD-10	31
Barrera Gómez Elizabeth	GET-18 CARTEL	43	Bücker Matthias	SED-3	85
Barrera Gómez Elizabeth	GEOQP-4	52	Burillo Montufar Juan Carlos	SE11-5	138
Barrera Gómez Elizabeth*	SE11-1	137	Burillo Montufar Juan Carlos	SE11-7	138
Barrera Gómez Elizabeth	SE11-2	137	Burlak Gennadiy*	FE-10	27
Barrera Gómez Elizabeth	SE11-8	138	Bustamante Martínez Aura Minerva	CS-1	5
Barrera Gómez Elizabeth	SE11-9	139	Caamal-Monsreal Claudia	SE15-39	158
Barrera Gómez Elizabeth	SE11-10	139	Cabadas Báez Héctor Víctor	PALEO-5	75
Barrientos Zavala Karen Jazmin*	GET-16 CARTEL	43	Caballero Corona Julio	SE07-6	122
Bartha Andras	AR-9 CARTEL	3	Caballero-Gill Rocío Paola	SE12-2	141
Barton Des	OCE-3	69	Cabarcas Mier Angelica	SE15-29	155
Barton E. Desmond	OCE-10	71	Cabral-Cano Enrique	GEOD-1	29
Bastien Olvera Bernardo Adolfo	SE02-15	106	Cabral-Cano Enrique	GEOD-5	29
Basurto Xavier*	SE15-30	155	Cabral-Cano Enrique	SIS-7	90
Bautista Francisco	SE06-6	117	Cabrera Diego	CCA-2	8
Bautista Ramírez Lorena M.*	GEOQP-8	53	Caccavari Garza Ana	GEOPAL-3	49
Bazán Barrón Sergio	GET-12 CARTEL	41	Caccavari Garza Ana	GEOPAL-5 CARTEL	49
Bazán Barrón Sergio	GET-13 CARTEL	42	Caetano Ernesto	CCA-6	9
Bazán Barrón Sergio	GET-14 CARTEL	42	Calderón Aguilera Luis E.	OCE-15 CARTEL	72
Bazán Barrón Sergio*	GET-15 CARTEL	42	Calderón Bustamante Oscar	CCA-23	12
Bazán Barrón Sergio*	GET-19 CARTEL	43	Calderón Bustamante Oscar*	CCA-25	13
Bazán Barrón Sergio*	SED-8 CARTEL	87	Calderón Bustamante Oscar	CCA-26	13
Bazán Perkins Sergio Dale*	GET-12 CARTEL	41	Calderón Bustamante Oscar	CCA-27	13
Bazán Perkins Sergio Dale*	GET-13 CARTEL	42	Calderón Bustamante Oscar	CCA-28	13
Bazán Perkins Sergio Dale*	GET-14 CARTEL	42	Calderón Bustamante Oscar	CCA-29	14
Bazán Perkins Sergio Dale	GET-15 CARTEL	42	Calderón Moctezuma Armando	EG-15	21
Bazán Perkins Sergio Dale	GET-19 CARTEL	43	Calmus Thierry	SE16-5	162
Bazán Perkins Sergio Dale	SED-8 CARTEL	87	Calò Marco	VUL-6 CARTEL	98
Becerra López Fernando Ignacio	AR-8	3	Calò Marco	SE14-7	147
Becerra López Fernando Ignacio	MSG-12	59	Calò Marco*	SE14-8	147
Beck Christian	GEOD-2	29	Calzada Vázquez Vela Alejandra*	SE15-16	152
Beier Emilio	OCE-3	69	Camacho Karla*	OCC-27	66
Beier Emilio	OCE-5	70	Camacho Miguel	GET-1	39
Beier Emilio*	OCE-8	70	Camacho Sanabria José Manuel*	RN-12	80
Beier Emilio	OCE-9	71	Camacho Sanabria José Manuel	RN-13	80
Beier Emilio	OCE-10	71	Campos Enriquez José Oscar	EG-18	21
Beier Emilio	OCE-11	71	Campos Enriquez José Oscar	EG-28 CARTEL	23
Bejarano Carrillo Cristo Rafael*	SE16-4	161	Campos Romero Damaris Saray*	SE07-8	122
Bello Segura Delia Iresine	SIS-16	92	Canché Cab Linda Guadalupe*	SE03-4	108
Bello Segura Delia Iresine	SE02-13	105	Candela Pérez Julio	SE03-12	110
Belmares Servín Jonathan	EG-11	20	Canedo López Yunuén	GGA-6	47
Belmonte Jiménez Salvador Isidoro	EG-18	21	Cano Ayora Víctor	EG-13	20
Benítez Colín Diego	SE02-3	103	Canul Ku Mario	SE08-22 CARTEL	129
Benítez Valenzuela Lidia Irene*	OCC-29 CARTEL	67	Canul-Macario César	SE15-6	150
Benítez Villalobos Francisco	SIS-3	89	Canul-Macario César	SE15-12	151
Bennis Kadie	SE05-1	115	Canul-Macario César*	SE15-27	155
Beramendi Orosco Laura	AR-6	3	Canul Turriza Román Alejandro*	OCC-6	62
Beramendi Orosco Laura	SE17-8	166	Canul Turriza Román Alejandro	SE15-35	157
Bermeo Lopez Nelli Iztazochitl	MSG-9	58	Carabalí Giovanni	CCA-2	8
Bermúdez Romero Anahí	SE03-12	110	Carabalí Giovanni	CCA-36 CARTEL	15
Bermúdez Romero Anahí*	SE03-13	110	Caraballo Ramón	FE-2	26
Bermúdez Romero Anahí	SE03-14	110	Caraballo Ramón*	FE-3	26
Bernal-Morales Rogelio	CCA-20	12	Carbajal Martínez Daniel*	SE08-18	128
Bertaiola Ríos Franco	MSG-1	57	Carciumaru Dana	SIS-28	94
Bertaiola Ríos Franco*	MSG-5	57	Carciumaru Dana	SE15-34	156
Binimelis Raga Graciela	CCA-2	8	Cárdenas Fuentes Estefanía	SE02-7	104
Binimelis Raga Graciela	CCA-16	11	Cárdenas Monroy Caridad	SE02-13	105
Blanco José Luis	OCC-19	64	Cárdenas Monroy Caridad*	SE07-4	121
Blanco Morales Ericka Sofía*	SE06-8	118	Cárdenas-Soto Martín*	EG-23	22
Blanco Xóchitl	SE17-7	166	Cardona-Benavides Antonio	GEOH-9	35
Bluhm Gutierrez Jorge	CCA-7	9	Caress David	GET-4	39
Bojórquez-Tapia Luis Antonio	CCA-30	14	Carlón Allende Teodoro	RN-26 CARTEL	83
Bokhimi Xim	SE06-10	118	Carmen Luis Fernando	SE14-8	147
Bolivar Mata Roberto Carlos	GEOH-6	34	Carmona Enriquez Rosa María	SE15-35	157
Bolivar Mata Roberto Carlos	GET-18 CARTEL	43	Carranco Lozada Simón Eduardo	GEOH-8	34
Bolivar Mata Roberto Carlos	GEOQP-4	52	Carraz-Hernández Orlando	CS-3	5
Bolivar Mata Roberto Carlos	SE11-1	137	Carrillo-Chavez Alejandro	GGA-7	47
Bolivar Mata Roberto Carlos	SE11-2	137	Carrillo González Fatima Maciel*	OCC-30 CARTEL	67
Bolivar Mata Roberto Carlos	SE11-8	138	Carrillo González Fatima Maciel	SE15-13	152

Carrillo Lammens Tonatiuh	SE15-3	149	Constable Steven	SE14-4	146
Carrillo Laura	OCC-27	66	Contreras-Catala Fernando	OCE-3	69
Carrillo López Jonathan*	SE14-6	147	Contreras-Catala Fernando	OCE-8	70
Carrillo Ruiz Diana	SE15-2	149	Contreras Juan	GET-3	39
Casas Hernández Eduardo	SE02-3	103	Contreras Juan	GET-4	39
Castañeda-Chi Bernardo	SE15-17	152	Contreras Juan	GET-5	40
Castañón Suárez Mijaely Antonieta*	SE06-12	119	Contreras Pacheco Yessica Vanesa	OCE-7	70
Castañón Suárez Mijaely Antonieta*	SE06-14	119	Contreras Ruíz Esparza Adolfo	OCC-22	65
Castellanos Acuña Maritssa del Carmen	EG-21	22	Corbo Fernando	CS-3	5
Castellanos Jorge*	SIS-9	90	Corbo Fernando*	EG-6	18
Castillejos Nuñez Jorge	EG-31 CARTEL	24	Corbo Fernando	EG-7	19
Castillo Aja María del Rocío	RN-23 CARTEL	82	Corbo Fernando	EG-14	20
Castillo Ana	SE15-17	152	Corbo Fernando	GET-2	39
Castillo Keila	SE07-3	121	Cordero Tercero María Guadalupe	SE07-6	122
Castillo Natalia*	SE13-2	144	Córdoba María Fernanda*	CCA-35 CARTEL	15
Castillo Pensado Juan Luis	MSG-14 CARTEL	59	Córdoba-Montiel Francisco	SIS-7	90
Castillo Pensado Juan Luis	RN-10	80	Cornejo Marcela	OCE-4	69
Castillo Pensado Juan Luis	RN-15	81	Corona Fernández Raúl Daniel	SIS-1	89
Castillo Reynoso Juan Carlos*	GET-17 CARTEL	43	Corona Fernández Raúl Daniel*	SIS-19	93
Castillón Peña Jorge	RN-4	78	Corona Fernández Raúl Daniel*	SIS-22	93
Castro Artola Oscar Alberto*	EG-3	18	Corona Núñez Rogelio Omar	CCA-29	14
Castro Artola Oscar Alberto	SIS-5	89	Corona Romero Pedro	FE-1	26
Castro Artola Oscar Alberto*	SIS-27	94	Corona Romero Pedro*	FE-2	26
Castro César Daniel*	EG-4	18	Corona Romero Pedro	FE-5	26
Castro César Daniel*	EG-7	19	Corona Romero Pedro	FE-6	27
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SE10-1	133	Cortés Martínez Mara Yadira	OCE-1	69
Castro Escamilla Raúl Ramón	SE10-2	133	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-2	85
Castro Joel*	FE-9	27	Cortés Martínez Mara Yadira	SED-7	86
Castro Márquez Christian Rafael	EG-27 CARTEL	23	Cortés Ramos Jorge*	SE08-15	128
Castro Morales Mario Alberto	SE02-3	103	Cortés Silva Alejandra	GEOH-4	33
Castro Valdez Ruben	OCC-18	64	Corzo Pola Héctor Antonio*	EG-19	22
Caudillo Lucía	CCA-16	11	Corzo Pola Héctor Antonio	EG-20	22
Caudillo Lucía*	CCA-18	11	Coutiño Taboada Mariana Elizabeth*	VUL-7 CARTEL	98
Cavazos González Ricardo	GEOH-8	30	Covarrubias Contreras B. Rodrigo*	OCC-9	62
Cavazos González Ricardo	GEOH-9	30	Cruz Atienza Víctor Manuel	RN-21	82
Cavazos González Ricardo	GEOH-10	31	Cruz Atienza Víctor Manuel	SIS-16	92
Cavazos Tereza	SE03-9	109	Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-1	141
Cavazos Tereza	SE13-2	144	Cruz Benitez Enriqueta del Carmen*	SE15-26	154
Cavazos Tereza	SE13-3	144	Cruz Castañeda Jorge Armando	SE02-10	105
Cavazos Tereza	SE13-4	144	Cruz Castañeda Jorge Armando*	SE02-12	105
Cejudo Ruiz Fredy Rubén	GEOPAL-1	49	Cruz-Castillo Jorge Uriel	GEOQP-5	52
Cejudo Ruiz Fredy Rubén	SE06-3	117	Cruz Cervantes José Luis	SE02-13	105
Cejudo Ruiz Fredy Rubén*	SE06-4	117	Cruz Giuliana	CCA-35 CARTEL	15
Cejudo Ruiz Fredy Rubén	SE06-5	117	Cruz Hernández Favio*	SE14-2	146
Cejudo Ruiz Fredy Rubén	SE06-6	117	Cruz-Hernández Stephani	SE14-8	147
Celis Samuel*	SIS-8	90	Cruz López Arquímedes	GEOH-1	33
Cepeda Morales Jushiro*	SE08-12	127	Cruz-Pech Johnny	SE08-5	125
Cerezo Mota Ruth	SE15-14	152	Cruz Piñón Gabriela	OCE-15 CARTEL	72
Cervantes Alcántara Alfonso	SIS-3	89	Cruz Piñón Gabriela	SE15-3	149
Cervantes Duarte Rafael	SE08-13	127	Cruz Rico Jorge Eduardo	SE03-6	108
Cervantes Duarte Rafael	SE08-14	127	Cuellar Ramírez Elisa	GEOH-2	33
Cervantes Solano Miguel Angel*	GEOPAL-1	49	Cuevas Alfonso	SE15-25	154
Cervantes Solano Miguel Angel	GEOPAL-2	49	Cuevas Barajas Kevin Eduardo	EG-11	20
Cervantes Solano Miguel Angel*	GEOPAL-6 CARTEL	50	Cuevas Eduardo	OCE-6	70
Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth*	SE07-6	122	Cuevas Eduardo	SE08-5	125
Chako Tchamabe Boris	GET-16 CARTEL	43	Cuevas Eduardo	SE15-2	149
Chako Tchamabe Boris	SE07-1	121	Cuevas Eduardo	SE15-36	157
Chang Oyuki	FE-4	26	Cuevas Figueroa Gabriel	SE03-10	109
Chavarin Urrutia Zarai Araceli	CCA-21	12	Cuevas Figueroa Gabriel*	SE03-11	110
Chavarin Urrutia Zarai Araceli*	SE15-10	151	Curtius Joachim	CCA-18	11
Chávez Alvarado Rosalía	RN-13	80	Dávila Harris Pablo	GEOH-5	34
Chávez Cerón Valeria	SE15-20	153	Dávila Harris Pablo	GEOQP-5	52
Chávez García Raymundo*	GGA-5	47	Dávila Harris Pablo	SED-5	86
Chávez Gómez Jorge	RN-17	81	Dávila Harris Pablo	VUL-4	97
Chavira Muñoz Javier Andrés	GEOH-6	34	Dávila Harris Pablo	SE07-7	122
Chavira Muñoz Javier Andrés	GET-18 CARTEL	43	Dávila Harris Pablo	SE17-6	166
Chavira Muñoz Javier Andrés	GEOQP-4	52	Dávila Rodríguez Israel Alberto*	AR-2	2
Chavira Muñoz Javier Andrés	SE11-1	137	Daza Torres María Luisa	MSG-7	58
Chavira Muñoz Javier Andrés	SE11-2	137	De Basabe Jonas D.	MSG-13	59
Chavira Muñoz Javier Andrés	SE11-8	138	De León García María Cristina*	GEOQP-12	54
Chavira Muñoz Javier Andrés*	SE11-9	139	De León Gómez Héctor	GEOH-1	33
Chavira Muñoz Javier Andrés	SE11-10	139	De Lucio Oscar G.	SE06-3	117
Chicho Ortiz José Manuel	SE02-3	103	De Yta-Castillo Diana*	SE15-5	150
Cifuentes-Nava Gerardo	EG-23	22	De la Cruz Jonathan	SE15-7	150
Cifuentes-Nava Gerardo	GEOPAL-3	49	De la Cruz Martínez Ángel	GEOPAL-6 CARTEL	50
Cifuentes-Nava Gerardo	GEOPAL-5 CARTEL	49	De la Cruz Salas Luis Miguel	MSG-8	58
Clayton Robert	SIS-7	90	De la Cruz Salas Luis Miguel*	SE02-1	103
Clayton Robert	SIS-9	90	De la Cruz Salas Luis Miguel*	SE02-2	103
Coba Báez Alfredo Yael	MSG-14 CARTEL	59	De la Luz Víctor	FE-4	26
Coba Báez Alfredo Yael	RN-10	80	De la Luz Víctor	FE-8	27
Coba Báez Alfredo Yael*	RN-15	81	De la Luz Víctor*	MSG-10	59
Coello Rondón Clairá	SE15-2	149	De la Rosa Espinosa Brenda	SE14-8	147
Colchado Casas Juan Carlos	MSG-11	59	De la Rosa Maldonado Jonathan*	EG-12	20
Colín Azucena*	SED-1	85	De los Ríos Emilio	SE15-25	154
Colorado Gabriela*	SE13-4	144	De los Santos Jorge	EG-6	18

Del Castillo Correa María Ivonne	SE07-9 CARTEL	123	Estrada Francisco	CCA-27	13
Del Río-Salas Rafael	SE16-3	161	Estrada Molina Daniela Alejandra*	AR-5	2
Del Río-Salas Rafael	SE16-4	161	Estrada Murillo Aurora María	VUL-3	97
Del Río-Salas Rafael	SE16-10	163	Estrada Porrúa Francisco	CCA-25	13
Del Valle-García Raúl	EG-22	22	Estrada Porrúa Francisco*	CCA-26	13
Delgado Argote Luis	GEOQP-1	52	Estrada Porrúa Francisco	CCA-28	13
Delgado Granados Hugo*	SE17-7	166	Estrada Porrúa Francisco	CCA-29	14
Derosier Boe	SE10-7	134	Estrada-Ruiz Emilio	PALEO-6	75
Dewitte Boris	OCE-4	69	Estrada-Ruiz Emilio	SED-4	85
Días Ortega Ulises	GEPAL-1	49	Fajardo San Miguel Gerardo	RN-17	81
Díaz Fernando	SE15-39	158	Farfán Molina Luis Manuel	SE08-15	128
Díaz Jaime	CS-4	5	Félix Maldonado Rafael	SE02-13	105
Díaz Méndez Guillermo	SE08-2	125	Fernández De Castro Martínez Gonzalo	GET-16 CARTEL	43
Díaz Méndez Guillermo*	SE08-3	125	Fernández De Castro Martínez Gonzalo	SE07-1	121
Díaz Méndez Guillermo*	SE08-22 CARTEL	129	Fernández-Díaz Juan Carlos	SE10-4	133
Díaz-Sibaja Roberto	PALEO-10	76	Fernández Díaz Violeta Zetzangari*	SE15-35	157
Díaz-Viera Martín A.	EG-22	22	Fernández-Torres Enrique Antonio*	GEO-5	29
Domínguez Mota Francisco Javier	SE01-8 CARTEL	101	Ferrari Luca	GET-17 CARTEL	43
Donahue Neil	CCA-18	11	Ferrari Luca	GEOQP-9	53
Dorantes Hernández José Manuel	SE15-3	149	Ferriño Fierro Adrián	GEO-9	30
Dorrego-Portela José Rafael	SE03-1	108	Ferriño Fierro Adrián	GEO-10	31
Downton Hoffmann Caroline	SE15-3	149	Ferriño Fierro Adrián	RN-17	81
Drew Daniel	SE03-8	109	Ferriño Fierro Adrián	SE08-17	128
Driscoll Neal	SE10-7	134	Figueroa Espinoza Bernardo	OCC-29 CARTEL	67
Dueñas de la Rosa Pedro	CCA-21	12	Figueroa-Miranda Sócrates*	GEOH-5	34
Dueñas de la Rosa Pedro	SE15-10	151	Figueroa Soto Ángel	SE14-7	147
Duque Gómez Luis Fernando	MSG-1	57	Figueroa Soto Ángel	SE14-8	147
Duque Gómez Luis Fernando	MSG-5	57	Filini Agapi	SE06-14	119
Duque Jesús	SE17-5	166	Filonov Anatoliy*	OCC-13	63
Durand Maya Rafael	RN-18	81	Filonov Anatoliy	OCE-13 CARTEL	72
Durazo Arvisu Reginaldo	OCC-18	64	Filonov Anatoliy	SE01-1	100
Dzul García Oscar	CCA-7	9	Filonov Anatoliy	SE01-3	100
Echevarría Rubio José Manuel*	SE08-6	126	Filonov Anatoliy	SE01-4	100
El Haddad Imad	CCA-18	11	Filonov Anatoliy	SE01-5 CARTEL	100
Elorriaga-Verplancken Fernando	OCE-11	71	Filonov Anatoliy	SE01-6 CARTEL	100
Emanuel Kerry*	SE19-2	169	Flores Cano José Valente	GGA-5	47
Enríquez Núñez María Georgina	GEOH-6	34	Flores Carlos	SE14-4	146
Enríquez Núñez María Georgina*	GET-18 CARTEL	43	Flores-Espinosa Miguel A.	CCA-34 CARTEL	15
Enríquez Núñez María Georgina	GEOQP-4	52	Flores Ramos Graciela Rosario	SE07-8	122
Enríquez Núñez María Georgina	SE11-1	137	Flores Salcido Adriana	SE11-3	137
Enríquez Núñez María Georgina	SE11-2	137	Flores Salcido Adriana	SE11-4	137
Enríquez Núñez María Georgina	SE11-8	138	Flores Soto Xochitl	SE07-3	121
Enríquez Núñez María Georgina	SE11-9	139	Flores Trujillo Juan Gabriel	GGA-6	47
Enríquez Núñez María Georgina	SE11-10	139	Fodor Melinda	SE06-11	118
Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-21	65	Francisco Maldonado Verónica*	GEPAL-5 CARTEL	49
Enríquez Ortiz Cecilia*	OCC-28 CARTEL	66	Franco Rubio Miguel	SE11-3	137
Equipo del proyecto Selva Lacandona	SED-3	85	Franco Rubio Miguel	SE11-5	138
Escalante Edgar	OCC-11	63	Franco Rubio Miguel	SE11-6	138
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	CCA-7	9	Franco Rubio Miguel*	SE11-7	138
Escobar Demetrio	VUL-4	97	Franco Sara Ivonne	SIS-5	89
Escobedo-Arguelles Brizly	SE15-17	152	Franklin Gemma L.*	SE15-33	156
Escobedo Tamez Andrea*	RN-17	81	Frausto Oscar	SE15-31	156
Escobedo Zenil David	EG-19	22	Fregoso Becerra Emilia	AR-8	3
Escobedo Zenil David	EG-20	22	Fregoso Becerra Emilia	EG-18	21
Escobedo Zenil David	EG-23	22	Fregoso Becerra Emilia	MSG-2	57
Escolero Fuentes Oscar A.	GEOH-11 CARTEL	35	Fregoso Becerra Emilia	MSG-7	58
Escolero Fuentes Oscar A.	SE16-9	163	Fregoso Becerra Emilia	MSG-12	59
Escudero Ayala Christian René	AR-1	2	Fu Lee-Lueng	SE09-3	131
Escudero Ayala Christian René	RN-11	80	Fuentes Arreazola Mario Alberto*	EG-15	21
Espadas Sánchez Paola Isabel	SE15-22	154	Fuentes Arreazola Mario Alberto	EG-29 CARTEL	24
Esparza López Rodrigo*	SE06-1	117	Fuentes Karina*	GET-3	39
Espejel Carbajal Ileana*	SE15-37	157	Fuentes Romero Elizabeth	CS-1	5
Espíndola Carmona Armando*	SIS-13	91	Fuentes Romero Elizabeth	CS-5 CARTEL	6
Espíndola Castro Juan Manuel	SIS-14	91	Funes-Rodríguez René	SE08-13	127
Espíndola Castro Juan Manuel	SIS-25	94	Funes-Rodríguez René	SE08-14	127
Espíndola Castro Juan Manuel	SIS-26	94	Galán Breth Rosa	GEOH-4	33
Espíndola Castro Juan Manuel	VUL-6 CARTEL	98	Galdos Segura André*	CCA-33 CARTEL	15
Espíndola Castro Víctor Hugo	SIS-11	91	Galindo Carrasco Esperanza	EG-25 CARTEL	23
Espíndola Castro Víctor Hugo	SIS-16	92	Galindo Clara E.	SE15-39	158
Espíndola Castro Víctor Hugo	SE02-13	105	Gallardo Contreras Miguel*	SE08-19	129
Espinosa Arrubarrena Luis	SE07-6	122	Gallardo Delgado Luis Alonso	SE14-2	146
Espinosa Jiménez Adán	FE-4	26	Gallardo Romero Erik	EG-8	19
Espinosa-Kuswara Diego	SE12-9 CARTEL	142	Gallardo Romero Erik*	MSG-3	57
Espinoza Maldonado Inocente Guadalupe	GEOQP-2	52	Gallardo Romero Erik*	MSG-4	57
Espinoza Maldonado Inocente Guadalupe	SE16-4	161	Gallegos Catillo Cristian A.	EG-2	18
Espitia Valeria	SE02-10	105	Gallegos Catillo Cristian A.	SE10-8	134
Espitia Valeria	SE02-12	105	Gallegos Fernández Sandra Angélica	SE15-2	149
Esqueda Karina	SE15-7	150	Gallegos Fernández Sandra Angélica*	SE15-36	157
Esquivel-Mendiola Leonarda I.	SE12-9 CARTEL	142	Gamazo Pablo	CS-3	5
Esquivel Trava Bernardo	OCC-1	61	García Caballero Estefanía*	OCC-23	65
Esquivel Trava Bernardo	SE08-2	125	García Calderón Norma Eugenia*	CS-1	5
Esquivel Trava Bernardo	SE08-3	125	García Calderón Norma Eugenia	CS-5 CARTEL	6
Esquivel Trava Bernardo	SE08-22 CARTEL	129	García Chan Néstor*	CCA-31 CARTEL	14
Estrada Alfonso Braulio Iván*	GGA-6	47	García Chan Néstor	OCE-14 CARTEL	72
Estrada Francisco	CCA-23	12	García Christian Guadalupe	SE15-7	150

García Claudio	CS-3	5	Gongora Ángel	SE06-3	117
García Concepción Omar	RN-23 CARTEL	82	González Alfaro Alejandra	SE07-3	121
García Concepción Omar	RN-24 CARTEL	83	González Ávila Daniel*	SE02-13	105
García Concepción Omar	RN-25 CARTEL	83	González Avilés José Juan	FE-1	26
García García Fernando	CCA-3	8	González Avilés José Juan	FE-2	26
García García Fernando	CCA-4	8	González Avilés José Juan*	FE-5	26
García García Fernando	CCA-5	9	González Bojorquez Gabriela*	EG-29 CARTEL	24
García García Fernando	CCA-6	9	González-Castillo Lourdes	EG-7	19
García García Laura Elizabeth*	VUL-6 CARTEL	98	González Cervantes Norma	GGA-3	46
García Hernández Samantha Yahel*	GET-10	41	González-Chuc Damaris	SE15-17	152
García Hernández Samantha Yahel	GET-11	41	González-Díaz Patricia	OCC-26	66
García Jiménez Daniel*	SE19-3	169	González Escobar Mario*	EG-2	18
García Josué	GEOD-5	29	González Escobar Mario	GET-3	39
García-Jove Catalina*	GET-8	40	González Escobar Mario*	SE10-8	134
García-Loginova Vladimir*	CCA-5	9	González Esparza Juan Américo*	FE-1	26
García Martínez David	SE16-10	163	González Esparza Juan Américo	FE-2	26
García Martínez Rocio	CCA-37 CARTEL	16	González Esparza Juan Américo	FE-3	26
García Meza Ignacio Francisco*	GEOD-4	29	González Esparza Juan Américo	FE-4	26
García Nava Héctor*	OCC-12	63	González Esparza Juan Américo	FE-5	26
García Rafael	SE06-5	117	González Fernández Antonio	SE14-4	146
García Rafael	SE06-6	117	González Fierro Juan José*	EG-28 CARTEL	23
García Rafael*	SE06-15	119	González García María Isabel*	CCA-8	9
García Reynoso Agustín	CCA-14	10	González Guevara José Luis*	MSG-14 CARTEL	59
García Rigoberto F.	OCE-12	71	González Guevara José Luis	RN-10	80
García Rocio*	RN-24 CARTEL	83	González Guevara José Luis	RN-15	81
García Rodrigo	SE15-7	150	González Guevara José Luis*	SE02-11	105
García Rodríguez Hermes Martín	GET-10	41	González Guillermo	GEOD-3	29
García Rodríguez Hermes Martín*	GET-11	41	González Guillermo*	SIS-29 CARTEL	95
García Rueda Adriana	SE15-39	158	González Guzmán René*	SE16-6	162
García Ruiz Rafael	GEOPAL-1	49	González Hernández Galía*	AR-6	3
García Ruiz Rafael*	GEOPAL-2	49	González Hernández Julio Cesar*	EG-13	20
García Santiago Oscar Manuel*	SE03-9	109	González Hernández Julio César*	EG-27 CARTEL	23
García Suárez Erick*	EG-9	19	González Hernández Julio César*	MSG-9	58
García Tenorio Felipe*	RN-26 CARTEL	83	González Hernández Julio César	SE02-11	105
Garduño-Monroy Víctor Hugo	SE14-5	146	González Huizar Héctor*	SE10-2	133
Garduza Rueda Víctor Manuel	GP-1	37	González Ibarra Natllely de Jesús	EG-26 CARTEL	23
Garza Rocha Daniel*	EG-26 CARTEL	23	González Juárez Alfonso	GEOD-8	30
Gasalla López Beatriz*	OCC-2	61	González Juárez Diego Armando	EG-25 CARTEL	23
Gasca Ortiz Tzittali	SE01-3	100	González-León Carlos M.*	SE16-1	161
Gasca Ortiz Tzittali	SE01-7 CARTEL	101	González López Adriana	SE02-13	105
Gasca Ortiz Tzittali*	SE01-8 CARTEL	101	González-López Deni M.*	SIS-15	92
Gastelu Barcena María Fernanda*	OCC-19	64	González Luis	CCA-36 CARTEL	15
Gaucher Emmanuel	SE14-8	147	González Méndez Blanca	SE07-5	122
Gavilán Irma	CCA-36 CARTEL	15	González Méndez Luis Xavier	FE-1	26
Gaviño-Rodríguez Juan Heberto	OCC-24	66	González Méndez Luis Xavier	FE-2	26
Gaviño-Rodríguez Juan Heberto	OCC-31 CARTEL	67	González Méndez Luis Xavier*	FE-7	27
Gaviria Natalia	SE08-4	125	González Ortega Javier Alejandro	GEOD-4	29
Gay-García Carlos	CCA-20	12	González Ortega Javier Alejandro	SE10-9	134
Gay-García Carlos*	CCA-22	12	González-Partida Eduardo	SE14-5	146
Gaytán Molina Hiram Jhosafat*	GGA-3	46	González Preciado Delia Isabel	SE07-9 CARTEL	123
Genise Jorge Fernando	PALEO-9	75	González-Ramírez Javier	SE08-12	127
Godínez Víctor M.	OCE-3	69	González Rangel José Antonio*	GEOPAL-7 CARTEL	50
Godínez Víctor M.	OCE-8	70	González Rodríguez Eduardo	CCA-1	8
Godínez Víctor M.	OCE-10	71	González Rodríguez Eduardo	OCE-1	69
Godínez Víctor M.	SE03-12	110	González Rodríguez Eduardo	SE08-13	127
Godínez Víctor M.	SE03-13	110	González Rodríguez Eduardo*	SE08-14	127
Godínez Víctor M.	SE03-14	110	González Romo Irving Antonio	VUL-3	97
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-1	49	González Romo Irving Antonio	SE07-3	121
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-2	49	González Salazar Constantino	CCA-23	12
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-6 CARTEL	50	González Salazar Constantino	CCA-25	13
Gogichaishvili Avto	SE06-3	117	González Salazar Constantino	CCA-26	13
Gogichaishvili Avto	SE06-4	117	González Salazar Constantino*	CCA-27	13
Gogichaishvili Avto	SE06-5	117	González Salazar Constantino	CCA-28	13
Gogichaishvili Avto	SE06-6	117	González Salazar Constantino	CCA-29	14
Gogichaishvili Avto	SE06-15	119	González Vázquez Ángel Alexis	GEOH-6	34
Golden Charles	CS-4	5	González Vázquez Ángel Alexis	GET-18 CARTEL	43
Gómez Altamirano Libia	SE02-8	104	González Vázquez Ángel Alexis*	GEOQP-4	52
Gómez Arias Efraín	GEOQP-1	52	González Vázquez Ángel Alexis	SE11-1	137
Gómez Balvás Sheccid Sarai	CCA-4	8	González Vázquez Ángel Alexis	SE11-2	137
Gómez Eduardo*	SED-6	86	González Vázquez Ángel Alexis	SE11-8	138
Gómez González Juan Martín*	SIS-12	91	González Vázquez Ángel Alexis	SE11-9	139
Gómez González Juan Martín*	SE02-8	104	González Vázquez Ángel Alexis	SE11-10	139
Gómez Juan A.	SE15-33	156	González Viveros Pohega de Jesús*	CCA-6	9
Gómez Mario*	CCA-15	11	Gordon-Mendoza Román	CCA-20	12
Gómez Nicolas Mariana	SE15-19	153	Gracia Barrera Ashley David	OCC-3	61
Gómez Piña Víctor Manuel	SE07-3	121	Gracia Barrera Ashley David*	OCC-10	62
Gómez-Ramos Octavio	CCA-34 CARTEL	15	Graef Federico*	OCE-12	71
Gómez-Ramos Octavio*	RN-21	82	Granados Barba Alejandro	SE15-18	153
Gómez-Ramos Octavio*	SE12-7	142	Granados Chavarría Iván*	SE14-7	147
Gómez Romero José Sebastian	GGA-4	46	Granados Chavarría Iván	SE14-8	147
Gómez Torres Mayela	SE07-3	121	Granados Martínez Karol P.	SE15-19	153
Gómez Treviño Enrique	SE14-1	146	Granzin Manuel	CCA-18	11
Gómez Treviño Enrique	SE14-4	146	Gross Markus	CCA-19	11
Gómez Valdés José	SE09-1	131	Gross Markus*	SE03-6	108
Gómez Valdés José*	SE09-2	131	Gross Markus	SE03-12	110

Gross Markus	SE03-13	110	Hinojosa Alejandro*	SE10-4	133
Gross Markus	SE03-14	110	Hinojosa De la Garza Octavio Raúl	SE11-4	137
Gross Markus	SE04-1 CARTEL	113	Hinojosa Robles Eduardo	SE07-5	122
Grupo de Trabajo Resnom	SE10-10	134	Hirales-Rochin Joel*	RN-3	78
Grupo de Trabajo del SSN	SE07-4	121	Holt Jason	SE15-11	151
Grutter Michel	CCA-2	8	Huang Yihe	SE10-1	133
Grutter Michel	CCA-14	10	Huante Arana Francisco	MSG-11	59
Guadarrama Chávez María Patricia	SE15-4	149	Huard Athanaric	SE06-11	118
Guadarrama Chávez María Patricia	SE15-25	154	Huerta García Roberto*	GEOD-6	30
Guerra Cobián Víctor	GEOD-6	30	Huerta García Roberto	GEOD-7	30
Guerra Cobián Víctor	GEOD-9	30	Huerta-Rodríguez Patricia	SE15-36	157
Guerra Cobián Víctor	GEOD-10	31	Huipe Domratcheva Elizandro*	FE-8	27
Guerra Olvera Nadia Guadalupe	CCA-21	12	Husker Allen*	GEOD-3	29
Guerra Olvera Nadia Guadalupe	SE15-10	151	Husker Allen	SIS-29 CARTEL	95
Guerrero Arenas Coral Italú*	PALEO-4	74	Iglesias Arturo*	SIS-2	89
Guerrero-Arenas Rosalía	PALEO-4	74	Iglesias Arturo*	SIS-5	89
Guerrero-Arenas Rosalía*	PALEO-9	75	Ihekwoaba-Godswill Williams	GGA-1	46
Guerrero Arroyo Edgar Alejandro	AR-2	2	Illescas Espinoza Oscar	SIS-3	89
Guerrero Arroyo Edgar Alejandro	AR-8	3	Inguaggiato Claudio	GEOQP-1	52
Guerrero Arroyo Edgar Alejandro*	MSG-12	59	Irazaba Ávila Óscar	SE07-6	122
Guevara Randall	EG-17	21	Ishiki-Pérez Hiromi	GEOQP-9	53
Guillén-Domínguez Karla	CS-4	5	Islas Herrera Mario	SE02-4	103
Gutiérrez Eduardo	VUL-4	97	Islas Rosalinda*	SE15-31	156
Gutiérrez Ibarra Luis Gerardo	CCA-31 CARTEL	14	Ito Yoshihiro	RN-21	82
Gutiérrez Navarro Rodrigo*	GEOQP-9	53	Ito Yoshihiro	SE12-1	141
Gutiérrez-Negrín Luis	SE14-5	146	Ize-Lema Irina	SE15-17	152
Guzmán García Rosalinda	EG-25 CARTEL	23	Jácome Paz Mariana Patricia*	VUL-3	97
Guzmán Hernández Vicente	SE15-36	157	Jácome Paz Mariana Patricia*	SE07-3	121
Guzmán Jiménez Adriana	CCA-21	12	Jácome Paz Mariana Patricia	SE17-7	166
Guzmán Jiménez Adriana	SE15-10	151	Jaimés Salmerón Diana Laura*	RN-11	80
Guzmán Rodríguez Laura Odette*	SE15-20	153	Jaimés Vences Gustavo	SE06-9	118
Hahmann Andrea N.	SE03-7	109	Jaimés Vences Gustavo*	SE06-10	118
Hahmann Andrea N.	SE03-9	109	Jaimés Viera Carmen*	VUL-5 CARTEL	98
Haller Merrick*	SE08-1	125	Jasinski Michael*	SE19-1	169
Haller Merrick	SE08-3	125	Jenchen Uwe	SED-2	85
Harle James	SE15-11	151	Jigena Antelo Bismark	SE15-29	155
Hasimoto Beltrán Rogelio	SE08-22 CARTEL	129	Jiménez Betts Peter	AR-5	2
Heinritzi Martin	CCA-18	11	Jiménez-Bremont Juan Francisco	GEOH-5	34
Henares Jesús	SIS-23	93	Jiménez González Rocío Berenice*	AR-7	3
Herguera Juan Carlos	OCE-7	70	Jiménez Hidalgo Rocio	PALEO-7	75
Hering Philip	EG-4	18	Jiménez Hidalgo Eduardo	PALEO-9	75
Hering Philip	EG-7	19	Jiménez Hidalgo Eduardo*	PALEO-10	76
Hernández Alarcón María Elizabeth	GEOH-7	34	Jiménez-Illescas Angel Rafael	OCC-24	66
Hernández Anguiano J. Horacio	GEOH-3	33	Jiménez José	SE15-14	152
Hernández Ballesteros Luz María	SIS-3	89	Jiménez Rivera Alejandro*	SIS-26	94
Hernández Bello María Guadalupe*	RN-16	81	Jolie Egbert	SE14-5	146
Hernández Bello María Guadalupe	SE07-8	122	Jouanne François	GEOD-2	29
Hernández Cazares Juan Manuel*	GEOQP-2	52	Jousset Philippe	SE14-8	147
Hernández-Escobedo Quetzalcoatl Cruz*	SE03-1	108	Juárez Alan*	SE12-3	141
Hernández-Espriú Antonio	SE15-27	155	Juárez-Pérez Javier	CCA-35 CARTEL	15
Hernández García Guillermo	GEOH-4	33	Juárez Ramírez Isaías	GEOD-8	30
Hernández García Leidy Guadalupe*	GP-1	37	Juárez Sánchez Andrea*	RN-19	82
Hernández Garza Esteban	GEOPAL-3	49	Junge Andreas	EG-4	18
Hernández Hernández Aurora*	RN-20	82	Junge Andreas	EG-7	19
Hernández Hernández Mario	GEOH-4	33	Kantún-Poot Luz	SE15-17	152
Hernández Hernández Mario Alberto	SE08-21	129	Kazachkina Ekaterina	GEOD-3	29
Hernández-Herrera Isis	SE15-25	154	Knapett Petter	GEOH-3	33
Hernández Madrigal Víctor Manuel*	RN-22	82	Koch Volker	SE15-3	149
Hernández Marín Martín	GGA-3	46	Kono-Martínez Tadashi	OCC-10	62
Hernández Martínez Rufina	SE08-16	128	Kostoglodov Vladimir	GEOD-3	29
Hernández Morales Gil Christian	SE02-8	104	Kravchinsky Vadim A.	SE06-3	117
Hernández-Ochoa Abel	SE14-5	146	Krishna Singh Shri*	SIS-16	92
Hernández Ordoñez Rodrigo*	GP-2	37	Kshirsagar Pooja	GET-7	40
Hernández Paniagua Iván Yassmany*	CCA-14	10	Kshirsagar Pooja	GGA-7	47
Hernández-Quintero Esteban	GEOPAL-5 CARTEL	49	Kumar Verma Sanjeet	GEOQP-6	53
Hernández Sandoval Erika	OCC-30 CARTEL	67	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro*	OCE-5	70
Hernández-Silva Gilberto*	AR-9 CARTEL	3	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro*	SE15-9	151
Hernández Vargas José Juan*	GEOQP-10	54	Kürten Andreas	CCA-18	11
Hernández-Vázquez Maricela	CCA-20	12	Laclavetine Kilian*	SE06-11	118
Hernández Walls Rafael	OCC-18	64	Ladino Luis A.	CCA-2	8
Hernández Yepes José Gustavo*	SE03-8	109	Ladino Luis A.	CCA-16	11
Herrera-Cortés Silvia	CCA-20	12	Ladino Luis A.	CCA-35 CARTEL	15
Herrera-Moro Dulce Rosario	CCA-34 CARTEL	15	Ladino Luis A.	CCA-36 CARTEL	15
Herrera Peraza Eduardo Florencio	SE11-3	137	Lagunas Magdalena	SE15-7	150
Herrera-Silveyra Jorge	CCA-35 CARTEL	15	Landeros Tafolla David	OCE-8	70
Herrera-Silveyra Jorge*	SE08-7	126	Landeros Tafolla David	OCE-10	71
Herrera-Silveyra Jorge	SE15-28	155	Lara González Gabriela del Carmen*	SED-5	86
Herrera Zamarrón Graciela del Socorro*	GEOH-4	33	Lara-Lara Rubén	OCE-1	69
Herrera Zamarrón Graciela del Socorro*	SE05-5	115	Lara-Lara Rubén	SE08-13	127
Herrera Zamarrón Graciela del Socorro	SE08-21	129	Lara Montiel Ilce Tlanezi	SE02-5	103
Hersier Gylfi Pall	SE14-5	146	Le Van Huong*	EG-22	22
Hidalgo Gema*	SE15-7	150	León Soto Gerardo	SIS-10	90
Hinojosa Alejandro	SE08-18	128	Lermo-Samaniego Javier	SIS-7	90
Hinojosa Alejandro	SE08-19	129	Letchipía Consuelo	CCA-36 CARTEL	15
Hinojosa Alejandro	SE08-20	129	Levresse Gilles	GET-17 CARTEL	43

Leyte Morales Gerardo	SIS-3	89	Marín Guzmán Ana Pilar	GET-16 CARTEL	43
Li Yanmei	GEOH-3	33	Marín Guzmán Ana Pilar	SE07-1	121
Li Yanmei	GGA-7	47	Marín Maldonado Sara Leticia	MSG-12	59
Liceaga-Correa María de los Angeles	SE15-28	155	Mariño Tapia Ismael*	OCC-5	61
Ligen Yang	SE17-1	166	Mariño Tapia Ismael	SE03-15	111
Ligen Yang*	SE17-2	166	Márquez-Artavia Amaru	OCE-3	69
Lima Velázquez Rosalba	GET-16 CARTEL	43	Márquez-Artavia Amaru	OCE-8	70
Lima Velázquez Rosalba	SE07-1	121	Márquez-Artavia Amaru*	OCE-9	71
Linares Ontiveros Diego Armando	GGA-6	47	Márquez-Artavia Xiomara	OCE-9	71
Lintner Benjamin R.	CCA-8	9	Márquez Díaz Susana Alejandra*	AR-1	2
Liotta Domenico	SE14-5	146	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-11	91
Lira Ramón	SE03-2	108	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-14	91
Lira Ramón	SE03-3	108	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-25	94
Lira Ramón*	SE03-5	108	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-26	94
Lizardo Castro Cecilia	EG-13	20	Martens Uwe	GEOQP-7	53
Llamas Jiménez Leonardo Agustín	SE11-5	138	Martín-Be Felipe	SE15-17	152
Llamas Jiménez Leonardo Agustín	SE11-7	138	Martín Gonzalo	SE02-14	106
Llopis Lucas	SE06-11	118	Martínez Abarca Luis Rodrigo*	SED-3	85
Loaiza Villanueva Rene	SE15-3	149	Martínez Abarca Luis Rodrigo*	SE02-7	104
Lobato Sánchez René	CCA-23	12	Martínez Alvarado Oscar	SE03-8	109
Lopera Gasca Ana Cecilia*	SE02-5	103	Martínez Castillo Brian Fernando	SE02-11	105
Lopera Gasca Ana Cecilia	SE07-8	122	Martínez Flores Guillermo	OCC-31 CARTEL	67
López Amezcua Ulises	SE02-1	103	Martínez Flores Guillermo	RN-7	79
López Amezcua Ulises	SE02-2	103	Martínez Flores Guillermo	SE08-6	126
López Castillejos Julio	OCC-8	62	Martínez Gómez Jesus Daniel*	SE02-6	104
López Concepción Yosbany A.*	OCE-14 CARTEL	72	Martínez-González José Antonio	EG-23	22
López Delgado Verónica	AR-5	2	Martínez Jardines Gerardo	AR-3	2
López Delgado Verónica	SE06-5	117	Martínez Jiménez Luis Daniel	SE02-13	105
López Delgado Verónica*	SE06-6	117	Martínez Jiménez Luis Daniel	SE12-9 CARTEL	142
López-Doncel Ruben	GEOQP-5	52	Martínez Leticia	CCA-36 CARTEL	15
López Espinoza Erika Danaé*	CCA-30	14	Martínez Marlemys	CCA-20	12
López Espinoza Erika Danaé*	CCA-34 CARTEL	15	Martínez Méndez Luis	AR-5	2
López Fuerte Francisco Omar	SED-2	85	Martínez Mirón Yleana Claudia	MSG-14 CARTEL	59
López González Aide Esmeralda	EG-19	22	Martínez Mirón Yleana Claudia	RN-10	80
López González Aide Esmeralda	EG-20	22	Martínez Mirón Yleana Claudia	RN-15	81
López-González José	SE15-12	151	Martínez Mirón Yleana Claudia	SE02-11	105
López-González José	SE15-33	156	Martínez-Pabello Pavel Ulianov*	SE16-11	163
López-González José	SE15-41	158	Martínez-Perea Carlos*	SE15-32	156
López Gustavo*	SIS-18	92	Martínez Retama Silvia	EG-28 CARTEL	23
López Hernández Aída*	SE14-5	146	Martínez Sánchez Beatriz Eugenia	CCA-21	12
López José	OCE-5	70	Martínez Sánchez Beatriz Eugenia	SE15-10	151
López-Loera Héctor	EG-17	21	Martínez Saul	SIS-20	93
López-Mariscal Manuel	SE03-12	110	Martínez Sosa Jorge Alejandro	SE11-3	137
López-Mariscal Manuel	SE03-13	110	Martínez Sosa Jorge Alejandro*	SE11-4	137
López Martínez Margarita	SE07-9 CARTEL	123	Martínez-Trinidad Sergio	AR-9 CARTEL	3
López Martínez Margarita	SE16-6	162	Martiny Barbara M.	GEOQP-8	53
López Martínez Rafael Antonio	PALEO-5	75	Martiny Barbara M.	GEOQP-10	54
López Pérez Maricela	SE16-10	163	Martiny Barbara M.	GEOQP-11	54
López Pizaña Joana Fabiola	GET-16 CARTEL	43	Martiny Barbara M.	GEOQP-12	54
López Pizaña Joana Fabiola	SE07-1	121	Martiny Barbara M.	GEOQP-13 CARTEL	54
López Ramade Eduardo*	OCC-7	62	Mascaró Maite	SE15-39	158
López Terrazas Aracely	SE11-4	137	Maslo Aljaz*	SE03-15	111
Loredo Jasso Alan Ulises	PALEO-1	74	Mastache Román Edgar A.	EG-2	18
Loredo-Portales René*	SE16-7	162	Mastache Román Edgar A.	SE10-8	134
Loredo-Portales René	SE16-10	163	Mata Olay León Samuel Pablo	SE02-3	103
Loteró Velez Andrea*	GET-5	40	Mauzole Yackar*	SE09-3	131
Loyola Martínez Erika	GEOH-10	35	May Crespo José Fernando*	SE06-13	119
Lozano García Diego F.	GEOD-6	30	Mayer Sergio	SE15-34	156
Lozano Hilda	AR-4	2	Mayor Vives Martí*	SE15-14	152
Lugo De la Fuente Jorge	AR-9 CARTEL	3	Mayorga Adame Claudia Gabriela*	SE12-2	141
Luna Niño Rosa Beatriz*	SE13-3	144	Mayorga Adame Claudia Gabriela*	SE15-11	151
Luna-Pérez Erika	CCA-30	14	Medellín Gabriela	OCC-3	61
Macías José Luis	EG-17	21	Medellín Gabriela	OCC-7	62
Macías José Luis	VUL-7 CARTEL	98	Medellín Gabriela	SE02-14	106
Maciel-Flores Roberto*	GGA-8 CARTEL	47	Medellín Gabriela	SE15-14	152
Maciel Tejeda Christian Alexander	GGA-8 CARTEL	47	Medellín Gabriela	SE15-33	156
Madrigal Vázquez Fabricio Alan	SE11-4	137	Medellín Gabriela	SE15-43	159
Magaldi Hermsillo Adolfo Vicente	SE03-8	109	Medina Ortega Priscila*	GEOH-11 CARTEL	35
Magaña-Cen Brenda	SE15-17	152	Medina Ortega Priscila*	SE16-9	163
Magaña Víctor	RN-1	78	Mejía-Ambriz Julio César	FE-1	26
Magaña Víctor*	SE03-2	108	Mejía-Ambriz Julio César	FE-2	26
Magar Vanesa	SE02-17 CARTEL	106	Mejía-Ambriz Julio César*	FE-4	26
Magar Vanesa	SE03-6	108	Mejía Luna Isabel	SE02-10	105
Magar Vanesa*	SE03-12	110	Mejía Luna Isabel	SE02-12	105
Magar Vanesa	SE03-13	110	Mejía Luna Isabel	SE02-16 CARTEL	106
Magar Vanesa	SE03-14	110	Mejía Pérez José Alfredo	MSG-14 CARTEL	59
Magar Vanesa	SE04-1 CARTEL	113	Mejía Pérez José Alfredo	RN-10	80
Mainou Luisa	PALEO-1	74	Mejía Pérez José Alfredo	RN-15	81
Malagón Pimentel Xani*	OCC-21	65	Mejía Pérez José Alfredo	SE02-11	105
Maldonado Álvarez Blanca Estela*	SE06-2	117	Meléndez López Adriana Leticia*	SE02-10	105
Maldonado Arévalo Andrea*	EG-30 CARTEL	24	Meléndez López Adriana Leticia	SE02-12	105
Mangas Che Enrique Alejandro	SE15-38	157	Melgar Diego	RN-14	80
Manzanilla Naim Linda R.	AR-4	2	Méndez Alonzo Rodrigo	SE08-16	128
Marie Guillaume	CCA-18	11	Méndez Pérez Juan Matías	SE13-1	144
Marín Castro Beatriz*	CS-5 CARTEL	6	Mendiola López Fabiola	RN-26 CARTEL	83

Mendivil-Quijada Hector*	SE16-8	162	Morales Mora Jacqueline*	SE14-3	146
Mendoza Antonio	SE10-1	133	Morales Pacheco Juan	GEOD-8	30
Mendoza Baldwin Edgar Gerardo	OCC-6	62	Morales-Pérez Rubén	OCE-2	69
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SE02-13	105	Morales-Pérez Rubén	SE08-6	126
Mendoza Castro Víctor Manuel	CCA-25	13	Morales Pérez Rubén Antelmo	RN-7	79
Mendoza Gonzáles Gabriela	SE15-4	149	Morales Ruiz América Gabriela*	SE07-7	122
Mendoza Martínez Juan Enrique	SE08-7	126	Morán-Ramírez Janete	GEOH-7	34
Mendoza Martínez Juan Enrique*	SE15-28	155	Morán-Ramírez Janete	GEOH-9	35
Mendoza Ponce Alma Virgen	CCA-23	12	Morán-Ramírez Janete*	GEOH-10	35
Mendoza Ponce Alma Virgen	CCA-25	13	Morán Zenteno Dante Jaime	GEOH-11 CARTEL	35
Mendoza Ponce Alma Virgen	CCA-26	13	Morán Zenteno Dante Jaime	GET-10	41
Mendoza Ponce Alma Virgen	CCA-27	13	Morán Zenteno Dante Jaime	GET-11	41
Mendoza Ponce Alma Virgen	CCA-28	13	Morán Zenteno Dante Jaime	GEOQP-8	53
Mendoza Ponce Alma Virgen*	CCA-29	14	Morán Zenteno Dante Jaime	GEOQP-10	54
Mendoza Uribe Indalecio*	CCA-11	10	Morán Zenteno Dante Jaime	GEOQP-11	54
Meneses-Gutiérrez Angela	SE12-2	141	Morán Zenteno Dante Jaime	GEOQP-12	54
Merlo Angel*	SE15-40	158	Morán Zenteno Dante Jaime	GEOQP-13 CARTEL	54
Meza Padilla Rafael	OCC-14	63	Morán Zenteno Dante Jaime	SE16-9	163
Michelin Anne	SE06-11	118	Morán Zenteno Dante Jaime*	SE17-8	166
Milián de la Cruz Ricardo Enrique*	GEOQP-7	53	Moreles Vázquez Miguel Angel	MSG-2	57
Millan Josue G.	SE12-2	141	Moreno Álvarez Hermes	SE11-4	137
Miller Lisa A.	CCA-35 CARTEL	15	Moreno-Bedmar Josep Anton	PALEO-8	75
Minor Varela Mario Alberto*	GEOQP-11	54	Moreno-Casasola Patricia	GEOH-7	34
Miquelajaurégui Yosune	CCA-30	14	Moreno-Casasola Patricia	SE15-18	153
Miranda-Avilés Raúl	GET-7	40	Moreno-Casasola Patricia*	SE15-24	154
Miranda-Avilés Raúl	GGA-7	47	Moreno Rodríguez Verónica*	SE16-10	163
Miranda Javier	CCA-2	8	Morgado Carmona Luis Alberto	EG-13	20
Miranda Javier	CCA-36 CARTEL	15	Mori Nobuhito	RN-21	82
Miranda Luis E.	SE09-2	131	Mortera Gutiérrez Carlos	EG-24	23
Miranda Ubaldo	SE03-2	108	Morzaria Luna Hem Nalini*	OCE-15 CARTEL	72
Miranda Ubaldo	SE03-3	108	Morzaria Luna Hem Nalini*	SE15-3	149
Miranda Ubaldo	SE03-5	108	Mugica Álvarez Violeta	CCA-37 CARTEL	16
Mireles Arellano Fernando*	EG-10	19	Müller Tatjana	CCA-18	11
Mireles Soria Diana*	GEOD-9	30	Mulligan Ryan	OCC-7	62
Miró González Adrian*	RN-25 CARTEL	83	Munguia Vega Adrián	SE15-3	149
Miyashita Takuya	RN-21	82	Muñoz Ana Nereida	SE15-7	150
Mojarro José	SE02-17 CARTEL	106	Muñoz García Andrés Mauricio	MSG-1	57
Mokondoko Pierre	SE15-15	152	Muñoz García Andrés Mauricio	MSG-5	57
Montalvo-Arrieta Juan Carlos	SIS-11	91	Muñoz Hernández Genaro	SE07-2	121
Montalvo-Arrieta Juan Carlos	SIS-18	92	Muñoz Rojas Eddie R.*	GEOQP-13 CARTEL	54
Montalvo-Arrieta Juan Carlos	SE10-8	134	Muñoz-Salazar Joshua I.*	CCA-16	11
Montealegre-Cázares Conrado	SIS-7	90	Muñoz Torres María Carolina	SE02-8	104
Monteiro da Silva Ludmila	CCA-8	9	Muñoz Viveros Manuel*	RN-4	78
Montelongo Flores Michel Yadira*	SE11-3	137	Murillo Jiménez Janette Magalli	RN-7	79
Montelongo Flores Michel Yadira	SE11-4	137	Nava Pichardo F. Alejandro	GEOD-1	29
Montelongo Flores Michel Yadira	SE11-5	138	Nava Sánchez Enrique Hiparco	RN-7	79
Montero-Martínez Guillermo	CCA-3	8	Navarro Estrada Fernando	SE02-13	105
Montero-Martínez Guillermo*	CCA-4	8	Navarro Estupiñan Javier	SE07-5	122
Montero-Martínez Guillermo	CCA-5	9	Navarro Hernández Dianelis*	GEOD-7	30
Montes Aréchiga Jorge Manuel*	SE01-4	100	Navarro Olache Luis F.*	OCC-18	64
Montes Aréchiga Jorge Manuel	SE09-4	131	Negrete-Aranda Raquel	GET-3	39
Montiel Aideliz*	SE17-1	166	Negrete-Aranda Raquel	GET-4	39
Montiel Aideliz	SE17-2	166	Negrón Mendoza Alicia	SE02-10	105
Montoya Hernández Daniel de Jesús	GP-1	37	Negrón Mendoza Alicia	SE02-12	105
Montoya Leonardo*	OCC-11	63	Nelson Steven M.	SE10-6	134
Montoya Quintanar Edgar	SE02-13	105	Neria-Castillo Mercedes	CCA-20	12
Montserrat López-Ortiz Ariadna	SE15-3	149	Neumann Florian	GET-3	39
Moore Georgianne W.	SE08-16	128	Neumann Florian	GET-4	39
Moore Laura J.*	SE15-1	149	Nieto Butrón Mario A.*	MSG-8	58
Mora Chaparro Juan Carlos	GGA-4	46	Nieto Hernández Rubén*	SE06-9	118
Mora Chaparro Juan Carlos*	RN-5	78	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-6	40
Mora Chaparro Juan Carlos	RN-8	79	Noury Mélanie*	SE16-5	162
Mora Chaparro Juan Carlos	RN-12	80	Novelo Casanova David Alberto	CCA-34 CARTEL	15
Mora Chaparro Juan Carlos	RN-13	80	Novelo Casanova David Alberto	RN-16	81
Mora Chaparro Juan Carlos	RN-13	80	Novelo Casanova David Alberto	RN-19	82
Morales Acoltzi Tomás*	CCA-20	12	Novelo Casanova David Alberto	RN-20	82
Morales Annareli*	CCA-9	9	Novotryasov Vadim	OCC-13	63
Morales Arredondo José Iván*	GEOH-2	33	Noyola Medrano Cristina	SE08-17	128
Morales Arredondo José Iván	GEOH-4	33	Núñez Cornú Francisco Javier	EG-15	21
Morales-Casique Eric	GEOH-11 CARTEL	35	Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-24	94
Morales-Casique Eric	SE16-9	163	Núñez Escribano Diana	EG-15	21
Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-1	49	Núñez Escribano Diana	SIS-24	94
Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-2	49	Núñez Leal María Alejandra	SE10-10	134
Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-6 CARTEL	50	Núñez-Useche Fernando	PALEO-8	75
Morales Contreras Juan Julio	SE06-15	119	Núñez-Useche Fernando	SED-1	85
Morales-García Sandra	GGA-2	46	Núñez-Useche Fernando	SED-6	86
Morales-García Sandra	OCE-1	69	Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-24	66
Morales-García Sandra	OCE-2	69	Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-31 CARTEL	67
Morales Hernández Julio César	RN-23 CARTEL	82	Ocampo Nava María F.	SE02-1	103
Morales Israel	SE06-6	117	Ocampo Nava María F.	SE02-2	103
Morales Juan Julio	SE06-3	117	Ocampo Torres Francisco J.	SE08-2	125
Morales Juan Julio	SE06-4	117	Ocampo Torres Francisco J.	SE08-3	125
Morales Juan Julio	SE06-5	117	Ocampo Torres Francisco J.	SE08-22 CARTEL	129
Morales Juan Julio	SE06-6	117	Ochoa-Landín Lucas	SE16-3	161
Morales María Flor	SE03-3	108	Ochoa-Landín Lucas	SE16-4	161
Morales Martínez Marco Aurelio	CCA-24	13			

Ochoa Moya Carlos	CCA-12	10	Pérez-Burguez Mara	OCE-2	69
Olay Barrientos María de los Ángeles	SE06-4	117	Pérez-Campos Xyoli	SIS-4	89
Olvera Cortés Moisés*	SIS-25	94	Pérez-Campos Xyoli	SIS-6	90
Omaña-Pulido Lourdes	SED-1	85	Pérez-Campos Xyoli	SIS-7	90
Ordaz Mario	SIS-4	89	Pérez-Campos Xyoli	SIS-8	90
Ordaz Mario	SIS-16	92	Pérez-Campos Xyoli*	SIS-11	91
Orozco-Esquivel Teresa	GET-17 CARTEL	43	Pérez-Campos Xyoli	SIS-15	92
Orozco-Esquivel Teresa	GEOQP-9	53	Pérez-Campos Xyoli	SIS-17	92
Ortega Cabrera Verónica	AR-4	2	Pérez-Campos Xyoli	SIS-18	92
Ortega-Flores Berlaïne	SED-4	85	Pérez-Campos Xyoli	SE07-4	121
Ortega Gutiérrez Joel Edmundo	GEOH-2	33	Pérez-Campos Xyoli*	SE12-4	141
Ortega Ibarra Jaime J.	SE02-1	103	Pérez Córdova Selene Janitzio*	RN-2	78
Ortega Ibarra Jaime J.	SE02-2	103	Pérez-Cruz Ligia*	SE12-5	141
Ortega Roberto	SIS-20	93	Pérez-Escamilla Pilar	OCE-2	69
Ortega Roberto*	SIS-28	94	Pérez Falls Zenia*	RN-7	79
Ortega Roberto*	SE15-34	156	Pérez Flores Marco Antonio	RN-6	79
Ortega Sotelo Samantha	CCA-21	12	Pérez Flores Marco Antonio	SE14-3	146
Ortega Sotelo Samantha	SE15-10	151	Pérez Flores Marco Antonio	SE14-6	147
Ortigosa Deneb*	SE15-19	153	Pérez Gasca Marco Polo	SE02-3	103
Ortiz Bañuelos Alma Delia	RN-25 CARTEL	83	Pérez Gerardo	SE03-3	108
Ortiz Caballero Elizabeth*	PALEO-7	75	Pérez Gutiérrez Rosalva*	RN-18	81
Ortiz-Hernández Ma. Concepción	OCC-27	66	Pérez Isabel*	GEOH-9	35
Ortiz Lenna*	OCE-4	69	Pérez León Miguel A.	SE02-1	103
Ortiz-Lozano Leonardo	SE15-18	153	Pérez León Miguel A.	SE02-2	103
Ortiz Martínez Luis José	SIS-3	89	Pérez Liseth	SED-3	85
Ortiz Ruiz María Soledad*	SE06-3	117	Pérez Martínez Ana Laura	SE02-9	104
Osorio Parra Omar	MSG-9	58	Pérez Martínez Ana Laura	SE07-2	121
Osorio Salamanca Víctor Jaír	EG-27 CARTEL	23	Pérez Martínez Patricia	AR-7	3
Osuna Amador J. Denis*	SE08-16	128	Pérez Martínez Patricia	SE06-8	118
Osuna Cañedo Pedro	SE08-2	125	Pérez Morga Nancy	GGA-6	47
Otero Alvaro	CS-3	5	Pérez-Quezadas Juan	GEOH-11 CARTEL	35
Ovalles Cruz Héctor	SE15-2	149	Pérez-Quezadas Juan	SE16-9	163
Oviedo García Angélica	SE11-3	137	Pérez Rivera Estela Alejandra	SE15-4	149
Oviedo García Angélica	SE11-4	137	Pérez Sánchez Omar Esteban	SE15-4	149
Oviedo García Angélica*	SE11-5	138	Pérez Santana Jesús Antonio	SE02-13	105
Oviedo García Angélica	SE11-6	138	Pérez Tijerina Eduardo	FE-1	26
Oviedo García Angélica	SE11-7	138	Pérez Venzor José Antonio	SED-2	85
Oyorzabal Vázquez Elsie Giovanna*	SE08-20	129	Pérez-Vertti Arturo	SE10-1	133
O'Dea Annika	SE08-1	125	Pérez Zárate Daniel	VUL-3	97
Pacheco Castro Roger*	SE15-6	150	Perrin Mireille	GEOPAL-7 CARTEL	50
Pacheco Castro Roger	SE15-12	151	Perz Nayeli	SE06-15	119
Pacheco Castro Roger	SE15-27	155	Pescina-Castelán Gilberto	SIS-7	90
Padilla Ortega Erika	GGA-5	47	Peter Daniel	SIS-13	91
Páez-Beltrán Cruz	SE16-4	161	Peter Daniel	SIS-21	93
Palacio Prieto José Luis	GET-16 CARTEL	43	Peter Lies	SE14-5	146
Palacio Prieto José Luis	GGA-8 CARTEL	47	Petit Jérôme	SE06-11	118
Palacio Prieto José Luis	SE07-1	121	Pi Teresa	CCA-36 CARTEL	15
Palacios Emilio	OCE-13 CARTEL	72	Pi Teresa	PALEO-1	74
Paladio Hernández Alejandro*	SE15-41	158	Pi Teresa	SE16-11	163
Palafox González Abel	AR-2	2	Pilatowsky Gruner Raiza*	SE02-15	106
Palafox González Abel	AR-8	3	Piña González María Violeta	RN-1	78
Palafox González Abel*	MSG-7	58	Piña González Viridiana*	GEOH-3	33
Palafox González Abel	MSG-12	59	Pinault Georges-Jean	SE06-11	118
Palafox Juárez Betzabeth	SE08-7	126	Pineda Martínez Luis Felipe*	CCA-7	9
Pantoja Diego Armando	OCE-13 CARTEL	72	Pinzón Reinhardt	CCA-20	12
Pantoja Diego Armando	SE01-1	100	Pittman Randall W.	SE08-3	125
Pantoja Diego Armando*	SE01-3	100	Pizarro-Koch Matías	OCE-4	69
Pantoja Diego Armando	SE01-4	100	Pizarro Oscar	OCE-4	69
Pantoja Diego Armando	SE01-7 CARTEL	101	Plascencia Arreola Luis Guillermo*	RN-6	79
Pantoja Diego Armando	SE01-8 CARTEL	101	Plascencia García Crystyan Jeovany*	MSG-2	57
Pardo Mario A.*	OCE-11	71	Plata Hernández Elvia	SED-2	85
Paredes Arriaga Alejandro*	GEOPAL-3	49	Plata Hernández Elvia*	SED-7	86
Parés-Sierra Alejandro	SE08-12	127	Plata Martínez Raymundo Omar*	SE12-1	141
Parra Guevara David*	CCA-17	11	Polanco Mizquez Elia	SE15-3	149
Parra-Poot Monserrat	SE15-17	152	Polton Jeff	SE15-11	151
Paz Moreno Francisco Abraham	GEOPAL-7 CARTEL	50	Pomedio Chloé*	SE06-5	117
Pech-Argáez Pablo	SE15-17	152	Popoca Pavel	SE15-7	150
Pedraza Rodríguez Valeria	SE11-3	137	Posada Vanegas Gregorio	OCC-6	62
Pedroza Ruciles Sergio	OCC-30 CARTEL	67	Posada Vanegas Gregorio	SE15-26	154
Peiffer Loïc	SE08-18	128	Posada Vanegas Gregorio	SE15-38	157
Peláez Montilla José Antonio	SIS-1	89	Pousse-Beltrán Léa	GEOH-2	29
Peláez Montilla José Antonio	SIS-23	93	Prein Andreas	CCA-9	9
Peña Alfredo*	SE03-7	109	Pretelín Ramos José Daniel*	CCA-3	8
Peña Alfredo	SE04-1 CARTEL	113	Probst Oleszewski Oliver Matthias	SE03-10	109
Peña Domínguez Juan Gerardo	GET-4	39	Probst Oleszewski Oliver Matthias	SE03-11	110
Peña García Laura Elizabeth	GGA-8 CARTEL	47	Prol Ledesma Rosa María	VUL-3	97
Peña Mendoza Valeria	SE15-3	149	Prol Ledesma Rosa María	SE07-3	121
Peng Zhingang	SE10-1	133	Punzo Díaz José Luis	MSG-6	58
Peñuñuri Soto Lupita	SE07-5	122	Puy-Alquiza María Jesús	GET-7	40
Perea Méndez Luis Manuel	SE15-4	149	Puy-Alquiza María Jesús	GGA-7	47
Pereira Diana L.	CCA-35 CARTEL	15	Quincke Andrés	CS-3	5
Pereira Diana L.*	CCA-36 CARTEL	15	Quintana Owen Patricia	SE06-13	119
Perevotchkikova María	SE15-40	158	Quintana Rodríguez Nivian*	RN-23 CARTEL	82
Pérez Arce Rosa Lilia*	SE10-3	133	Quintanar I. Arturo	CCA-12	10
Pérez-Burguez Mara	OCE-1	69	Quintanar Robles Luis	SIS-11	91

Quintanar Robles Luis	SIS-16	92	Robles Camacho Jasinto	SE06-12	119
Quintanar Salinas Fernando Jesús	SE02-10	105	Robles García Nelly Margarita	AR-1	2
Quintanar Salinas Fernando Jesús	SE02-12	105	Robles-Morua Agustín*	SE07-5	122
Quintero Alexis D.*	SE08-4	125	Robles Ramos Helene Daneth*	GET-20 CARTEL	44
Quinteros Cartaya Claudia Beatriz Mercedes	EG-29 CARTEL	24	Robles Solís José Ramón*	CCA-21	12
Quiroga Novoa Pedro Fernando*	SE03-10	109	Robles Solís José Ramón	SE15-10	151
Quiroga Novoa Pedro Fernando	SE03-11	110	Rocher Maliachi Ana Cecilia	SE07-6	122
Raga Graciela B.	CCA-35 CARTEL	15	Rodríguez Burgueño Jesús Eliana	SE10-6	134
Raga Graciela B.	CCA-36 CARTEL	15	Rodríguez Cardozo Félix	SE02-17 CARTEL	106
Ramírez Chávez Eduardo Juventino	SIS-3	89	Rodríguez Carla	SE17-5	166
Ramírez Cruz Brenda	VUL-5 CARTEL	98	Rodríguez Castañeda José Luis	GEOQP-2	52
Ramírez-Díaz Zyanya	CCA-35 CARTEL	15	Rodríguez Ceja María	SE06-15	119
Ramírez Fernández Juan Alonso	GGA-5	47	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	VUL-3	97
Ramírez Gaytan Gonzalo Alejandro	EG-1	18	Rodríguez-Domínguez Miguel Ángel*	SIS-7	90
Ramírez Hernández Jorge*	SE10-6	134	Rodríguez-Domínguez Miguel Ángel	SE12-9 CARTEL	142
Ramírez Juárez Adriana	SE15-4	149	Rodríguez Fuentes Gabriela	SE15-39	158
Ramírez Luna Angel*	AR-3	2	Rodríguez Gómez Camila*	CCA-2	8
Ramírez Manguiar Ana	OCC-14	63	Rodríguez González Baudelio	CCA-7	9
Ramírez Pacheco Carlos	FE-3	26	Rodríguez Hernández Osvaldo	SE03-4	108
Ramírez Ruíz J. Elihú	SE02-13	105	Rodríguez Hernández Osvaldo	SE03-8	109
Ramírez Serrato Nelly Lucero	GEO0-8	30	Rodríguez Isaac	SE08-4	125
Ramírez Serrato Nelly Lucero	GEO0-9	30	Rodríguez Lidia Iris	SE06-6	117
Ramírez Serrato Nelly Lucero*	SE08-17	128	Rodríguez-Miranda Willy	CS-3	5
Ramírez Serrato Nelly Lucero*	SE08-21	129	Rodríguez Pablo	EG-6	18
Ramos Carlos*	OCE-13 CARTEL	72	Rodríguez Ramos Monserrat*	SE02-3	103
Ramos Julián*	CS-3	5	Rodríguez Rasilla Iván	SE02-13	105
Ramos Julián	EG-6	18	Rodríguez Ricardo	SE17-5	166
Ramos-Leal José Alfredo*	GEOH-7	34	Rodríguez-Robles Ulises	GEOH-7	34
Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-8	34	Rodríguez-Robles Ulises	GEOH-8	34
Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-9	35	Rodríguez Solís José Luis*	CCA-19	11
Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-10	35	Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-7 CARTEL	50
Ramos-Leal José Alfredo*	SE17-6	166	Rodríguez Uribe María Carolina	OCC-30 CARTEL	67
Ramos Pérez Omar*	CCA-12	10	Rojas Moreno Juan Gerardo*	VUL-4	97
Ramos Rodríguez José Alejandro*	CCA-1	8	Rojas Noguez José de Jesús	EG-31 CARTEL	24
Ramos Rodríguez José Alejandro	SED-7	86	Rojas Rendón María José Patricia	SE02-10	105
Ramos Rodríguez José Alejandro	SE08-13	127	Rojas Rendón María José Patricia	SE02-12	105
Ramos Rodríguez José Alejandro	SE08-14	127	Rojas Tapia Alejandro	SE07-2	121
Ramos Rosique Aldo	MSG-6	58	Romero Arteaga Angélica María*	OCC-17	64
Rangel Granados Elizabeth	GET-6	40	Romero Hernández Esmeralda	FE-1	26
Rascole Nicolas G.*	SE08-2	125	Romero Hernández Esmeralda	FE-2	26
Re Denisse	SE15-39	158	Romero Hernández Esmeralda	FE-4	26
Reinoza Carlos E.	GEO0-1	29	Romero Vadillo Eleonora	CCA-1	8
Reinoza Carlos E.*	GEO0-2	29	Romo-Jones José Manuel	EG-5	18
Reinoza Carlos E.	SE10-9	134	Romo-Jones José Manuel	EG-9	19
Rendón-Contreras Héctor Javier	OCC-30 CARTEL	67	Romo-Jones José Manuel	EG-15	21
Rendón Valdez Camilo	OCC-9	62	Romo-Jones José Manuel	EG-16	21
Rentería Nieto Natalia	SE02-6	104	Romo-Jones José Manuel*	SE14-1	146
Requena Lara Glenda	GEO0-8	30	Roque Pineda Luis Sebastian*	EG-16	21
Ressler Rainer	OCE-6	70	Rosales Villa Alida Rosina	SE08-11	127
Rey Sánchez Wilmer	OCC-16	64	Rosas Carlos*	SE15-39	158
Rey Sánchez Wilmer	SE15-12	151	Rosas Daniel	CCA-16	11
Rey Sánchez Wilmer*	SE15-29	155	Rosas-Elguera José	AR-8	3
Rey Villiers Néstor*	OCC-26	66	Rosas-Elguera José	GGA-8 CARTEL	47
Reyes Bonilla Héctor	OCE-15 CARTEL	72	Rosas-Elguera José	GEOPAL-1	49
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	GEOH-6	34	Rosas-Elguera José	GEOPAL-2	49
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	GET-18 CARTEL	43	Rosas-Elguera José	GEOPAL-6 CARTEL	50
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-4	52	Rosas Irma	CCA-2	8
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-1	137	Rosas Irma	CCA-36 CARTEL	15
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-2	137	Rosas Rosales Perla Sagrario	MSG-14 CARTEL	59
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-5	138	Rosas Rosales Perla Sagrario	RN-15	81
Reyes Cortés Ignacio Alfonso*	SE11-6	138	Rosas Zarco Rosalba	SE02-3	103
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-7	138	Rossi Vincent	SE15-11	151
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-8	138	Rueda Garzon Luisa Fernanda*	GGA-7	47
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-9	139	Ruiz Aguilar Diego	EG-3	18
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-10	139	Ruiz Aguilar Diego*	EG-5	18
Reyes Cortés Ignacio Alfonso	SE11-11	139	Ruiz Aguilar Diego*	EG-8	19
Reyes Galmichi Ivanna	MSG-9	58	Ruiz Aguilar Diego	EG-9	19
Reyes González Israel	SIS-3	89	Ruiz Aguilar Diego	EG-10	19
Reyes Martínez C. Simon	SE10-8	134	Ruiz Aguilar Diego	EG-15	21
Reyes Medina Reynaldo Mauricio*	GEOH-1	33	Ruiz Aguilar Diego	EG-16	21
Reyes-Mendoza Oscar	OCC-28 CARTEL	66	Ruiz Aguilar Diego	MSG-3	57
Reyes Ortega Valeria	SE14-4	146	Ruiz Aguilar Diego	MSG-4	57
Reyes Vallejo Juan Carlos*	CCA-13	10	Ruiz Aguilar Diego	SE14-1	146
Reyna Bustos Irving Javier*	VUL-2	97	Ruiz Aguilar Diego	SE14-3	146
Reynoso Fregoso Santiago*	OCC-20	65	Ruiz Ismael	SE15-7	150
Riley Pete	FE-5	26	Ruiz Joaquín	SE16-4	161
Rincones Karla Margarita	SE15-7	150	Ruiz Mendoza Vivian*	GEOQP-6	53
Rioyos Romero Rubén*	MSG-13	59	Ruiz Puga Ingrid P.	SE02-1	103
Rivera Arriaga Evelia*	SE15-8	150	Ruiz Puga Ingrid P.	SE02-2	103
Rivera Arriaga Evelia	SE15-26	154	Ruiz Salcines Pablo	OCC-14	63
Rivera Arriaga Evelia	SE15-38	157	Ruiz Salcines Pablo*	OCC-16	64
Rivera Cárdenas Claudia	CCA-14	10	Ruiz Salcines Pablo	SE15-29	155
Rivera Erick	SE03-13	110	Ruiz Suárez Luis G.	CCA-14	10
Rivera-Uría Yazmín	CS-4	5	Ruiz Trujillo Sergio Iván	GEOH-6	34
Rizo Gutiérrez Delázkar N.	SE15-19	153	Ruiz Trujillo Sergio Iván	GET-18 CARTEL	43

Ruiz Trujillo Sergio Iván	GEOQP-4	52	Schaaf Peter	AR-3	2
Ruiz Trujillo Sergio Iván	SE11-1	137	Scharek Péter Pál	AR-9 CARTEL	3
Ruiz Trujillo Sergio Iván*	SE11-2	137	Schmitz Michael	EG-24	23
Ruiz Trujillo Sergio Iván	SE11-8	138	Schwennicke Tobias*	SED-2	85
Ruiz Trujillo Sergio Iván	SE11-9	139	Schwennicke Tobias	SED-7	86
Ruiz Trujillo Sergio Iván	SE11-10	139	Sedano Castro Martha Socorro*	SE15-42	158
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-2	61	Sedov Sergey	CS-2	5
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-4	61	Sedov Sergey*	CS-4	5
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-5	61	Sedov Sergey	PALEO-1	74
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-8	62	Sedov Sergey	SE16-11	163
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-10	62	Segura Peralta Antígona	SE07-6	122
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-12	63	Sergeeva María	FE-1	26
Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-17	64	Sergeeva María	FE-2	26
Rutten Jantien	OCC-11	63	Sergeeva María	FE-3	26
Ruvalcaba Aroche Erick Daniel	OCE-3	69	Serna Bafún Helios	VUL-5 CARTEL	98
Ruvalcaba Aroche Erick Daniel	OCE-8	70	Siebe Christina*	SE17-9	167
Ruvalcaba Aroche Erick Daniel*	OCE-10	71	Sieck Pascal*	GEOQP-5	52
Sahakian Valerie*	SE10-7	134	Sieck Pascal	SED-5	86
Salas Martínez Fernando*	SE13-1	144	Sierra-Rojas María I.	GEOQP-7	53
Salazar-Ceciliano Juan	OCE-9	71	Silis Esquivel Jhoanna	GET-16 CARTEL	43
Salazar-Tlaczani Luis	GEOD-1	29	Silis Esquivel Jhoanna	GET-20 CARTEL	44
Salazar-Tlaczani Luis	GEOD-5	29	Silis Esquivel Jhoanna*	SE07-1	121
Salcedo Dara	CCA-2	8	Silva Casarín Rodolfo	SE15-20	153
Saldaña Ricardo	SE03-2	108	Silva Gómez Sandra Isabel*	CCA-37 CARTEL	16
Saldaña Ricardo*	SE03-3	108	Silva Hidalgo Humberto	SE11-4	137
Saldaña Ricardo	SE03-5	108	Simarro Gonzalo	OCC-3	61
Saldívar-Lucio Romeo	CCA-1	8	Simoes Nuno	SE15-4	149
Saldívar-Lucio Romeo	SE08-16	128	Simon Mario	CCA-18	11
Saldívar-Lucio Romeo*	SE15-21	153	Simonett Carla*	SE17-5	166
Salgado Martínez Hafid*	EG-1	18	Simpson Alexandra	SE08-1	125
Salguero Hernández Eduardo*	EG-21	22	Simpson Kyle	CCA-35 CARTEL	15
Salinas Eva	CCA-36 CARTEL	15	Singh Shri Krishna	SIS-2	89
Salinas Jasso Jorge Alán	GEOQP-3	52	Singh Shri Krishna	SIS-4	89
Salles Afonso de Almeida Paulo	OCC-16	64	Singh Shri Krishna	SIS-5	89
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-6	150	Skiba Yuri N.	CCA-17	11
Salles Afonso de Almeida Paulo*	SE15-12	151	Smith Márquez Sean Montgomery	AR-8	3
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-17	152	Solano Ericka Alinne	RN-14	80
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-19	153	Solano Ericka Alinne*	SIS-3	89
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-27	155	Solano Ericka Alinne*	SE02-17 CARTEL	106
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-29	155	Solano-Rojas Darío	GEOD-5	29
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-41	158	Solar Valverde Laura	AR-5	2
Salles Afonso de Almeida Paulo	SE15-43	159	Solari Luigi	GEOQP-7	53
Sámano-Albarrán Ricardo	SE02-7	104	Sole Jesus	SE16-11	163
Sámano-Albarrán Ricardo*	SE12-8	142	Soler Arechalde Ana María*	AR-4	2
Sánchez Alberto	OCC-26	66	Soler Arechalde Ana María	AR-5	2
Sánchez Alberto	OCC-27	66	Soler Arechalde Ana María	SE02-4	103
Sánchez Andrade Isai	MSG-11	59	Soler Arechalde Ana María	SE06-4	117
Sánchez Cruz Angeles	SE15-3	149	Soler Arechalde Ana María	SE06-5	117
Sánchez Fernández Paulina	EG-27 CARTEL	23	Soler Arechalde Ana María	SE06-6	117
Sánchez-Galán Javier Enrique	CCA-20	12	Solis-Valdez Sara	AR-9 CARTEL	3
Sánchez Galindo Luis Alfredo*	MSG-11	59	Solleiro Rebolledo Elizabeth*	CS-2	5
Sánchez-González Jesús	EG-23	22	Solleiro Rebolledo Elizabeth	CS-4	5
Sánchez-Higuera Lorena	GEOH-7	34	Solleiro Rebolledo Elizabeth	PALEO-5	75
Sánchez Levita	OCC-27	66	Solleiro Rebolledo Elizabeth	SE16-11	163
Sánchez Martínez Gilberto José	EG-1	18	Solorio-Munguía José Gregorio	AR-9 CARTEL	3
Sánchez Martínez Gilberto José*	SIS-24	94	Soria Andrés	SE03-6	108
Sánchez Mejía Zulia Mayari	OCC-29 CARTEL	67	Soria Andrés*	SE04-1 CARTEL	113
Sánchez-Meneses Oscar	CCA-20	12	Sosa Ceballos Giovanni	MSG-6	58
Sánchez-Meneses Oscar	CCA-22	12	Sosa Ceballos Giovanni*	SE05-2	115
Sánchez-Pérez Elvia Denisse*	OCE-3	69	Sosa-Koh Vianey	SE15-17	152
Sánchez-Pérez Elvia Denisse	OCE-8	70	Sosa-Pedroza Fabiola S.	GGA-2	46
Sánchez Ramos Erika	SE15-4	149	Sosa Rivera Orlando*	EG-31 CARTEL	24
Sánchez Rico Gisela	GET-20 CARTEL	44	Soto Aguilar Brianda Berenice*	OCC-8	62
Sánchez Rucobo y Huerdo César Bernardo*	OCC-22	65	Soto Alexander Víctor Manuel	EG-19	22
Sánchez Tornero Francisco Javier*	SE06-7	118	Soto Alexander Víctor Manuel	EG-20	22
Sánchez Torres Javier Alberto	SIS-27	94	Soto Alexander Víctor Manuel*	MSG-6	58
Sánchez-Velasco Laura	OCE-3	69	Soto Ayala Rogelio	SE02-9	104
Sánchez-Velasco Laura	OCE-8	70	Soto Ayala Rogelio	SE07-2	121
Sánchez-Velasco Laura	OCE-9	71	Soto-Mardones Luis	SE08-12	127
Sánchez-Velasco Laura	OCE-10	71	Sour-Tovar Francisco	PALEO-11	76
Sandoval Hernández Erika*	SE15-13	152	Spelz Madero Ronald Michael	GET-4	39
Santacruz de León German	GEOH-10	35	Sterpone José Osvaldo	AR-1	2
Santillán Israel	SIS-20	93	Stock Joann	SE10-7	134
Santillán Piña Noé	GP-3	37	Straulino Luisa*	PALEO-1	74
Santillana-Villa Cecilia*	SE16-3	161	Suárez Castillo Alvin N.	SE15-3	149
Santoyo García Galiano Miguel Angel	GEOD-3	29	Suárez Paola	CS-5 CARTEL	6
Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-1	89	Suaste-Aguilar Abraham	SE15-17	152
Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-19	93	Sugiura Yamamoto Yoko	SE06-10	118
Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-22	93	Sung Kim Jong	CCA-16	11
Santoyo García Galiano Miguel Angel	SIS-23	93	Surdu Mihnea	CCA-18	11
Santoyo García Galiano Miguel Angel*	SE05-4	115	Tadeo Cupul Gerardo Yael*	RN-13	80
Saucedo Girón Ricardo	EG-17	21	Tago Josué	EG-19	22
Saucedo Girón Ricardo	VUL-7 CARTEL	98	Tago Josué*	EG-20	22
Sawires Rashad*	SIS-1	89	Tago Josué	MSG-6	58
Sawires Rashad*	SIS-23	93	Tamayo-Palma Benjamín	SE15-17	152

Tancredi Gonzalo*	SE19-5	169	Valenzuela Wong Raúl	SIS-8	90
Tapia López José J.	SE02-1	103	Valenzuela Wong Raúl*	SIS-10	90
Tapia López José J.	SE02-2	103	Valera Fernández Daisy*	PALEO-5	75
Tejero Andrade Andrés	EG-19	22	Valero Cano Eduardo	SIS-13	91
Tejero Andrade Andrés	EG-20	22	Valero Cano Eduardo*	SIS-21	93
Téllez de la Cruz Óscar Alexis	MSG-14 CARTEL	59	Valle-Levinson Arnoldo	OCC-19	64
Téllez de la Cruz Óscar Alexis*	RN-10	80	Valle-Levinson Arnoldo*	SE15-23	154
Téllez de la Cruz Óscar Alexis	RN-15	81	Valle Rodríguez Jonathan Bruno*	SE08-9	126
Tello Hinojosa Enrique	GEOQP-1	52	Valtierra-Millán Felix Fernando	GET-7	40
Tello Luján Daniela Alejandra	CCA-21	12	Valverde García María Fernanda*	SE17-4	166
Tello Luján Daniela Alejandra	SE15-10	151	Varela Helena*	OCC-25	66
Tello Peón Lucía	SE15-42	158	Vargas Bracamontes Dulce M.	VUL-1	97
Tenorio Fernández Leonardo	OCE-1	69	Vargas Janet	SE17-3	166
Tenorio Fernández Leonardo	OCE-2	69	Vargas Jocelyn*	SE17-3	166
Tenorio Fernández Leonardo*	SE09-4	131	Vargas Martínez Adriana	GEOD-6	30
Teodoro Vite Sergio	SE02-1	103	Vargas Rodríguez Daniela	CS-2	5
Teodoro Vite Sergio	SE02-2	103	Vargas-Salinas David	GEOQP-9	53
Tereshchenko Iryna	CCA-33 CARTEL	15	Vasquez Serrano Alberto*	GET-6	40
Tereshchenko Iryna	OCE-13 CARTEL	72	Vasquez Serrano Alberto*	GET-9	41
Tereshchenko Iryna*	SE01-6 CARTEL	100	Vassallo Luis	AR-9 CARTEL	3
Thomas Ellen	PALEO-2	74	Vázquez Alarcón Geraldine Verónica	SE07-9 CARTEL	123
Thomas Hans	GET-4	39	Vázquez Alarcón Geraldine Verónica*	SE07-10 CARTEL	123
Tinoco Ruiz José Gerardo	SE01-8 CARTEL	101	Vázquez Caamal Miriam Lizzeth*	RN-14	80
Tobón Nidia Ivonne	SE15-7	150	Vázquez-Cuervo Jorge*	SE09-1	131
Toledo Tania	SE14-8	147	Vázquez-Cuervo Jorge	SE09-2	131
Tolson Jones Gustavo	GET-10	41	Vázquez-González César*	SE15-18	153
Toro Vladimir G.	SE08-4	125	Vázquez González Luis Ernesto*	SE01-5 CARTEL	100
Torre Cosío Jorge	OCE-15 CARTEL	72	Vázquez Gustavo	SE03-2	108
Torres Arboleda Jorge*	MSG-1	57	Vázquez Luis	SIS-8	90
Torres Arboleda Jorge	MSG-5	57	Vázquez Morales Rosario	RN-26 CARTEL	83
Torres-Freyermuth Alec	OCC-7	62	Vázquez-Ramírez Daniel	EG-22	22
Torres-Freyermuth Alec	OCC-9	62	Vázquez Vera Leonardo	SE15-3	149
Torres-Freyermuth Alec*	SE02-14	106	Vega Álvarez Néstor Alberto*	SE01-7 CARTEL	101
Torres-Freyermuth Alec	SE15-22	154	Vega Granillo Ricardo	EG-28 CARTEL	23
Torres-Freyermuth Alec	SE15-33	156	Vega Ramírez Luis Angel*	GET-4	39
Torres-Freyermuth Alec*	SE15-43	159	Vega Sandra	EG-12	20
Torres Gutiérrez Héctor	SE09-3	131	Vega Sandra	VUL-2	97
Torres Hernández José Ramón	GEOQP-6	53	Vega Serratos Beatriz Edith*	SE15-38	157
Torres Hernández María Yesenia	OCE-1	69	Vela Rosas Miguel Ángel	SE07-4	121
Torres Hernández María Yesenia	OCE-2	69	Velasco Aaron A.	SE10-2	133
Torres Hernández María Yesenia	SE08-10	127	Velasco Casarez Leonardo*	EG-25 CARTEL	23
Torres Hernández María Yesenia*	SE08-11	127	Velasco Juan	SE08-5	125
Torres Hernández María Yesenia	SE08-13	127	Velasco Tapia Fernando	GGA-5	47
Torres Hernández María Yesenia	SE08-14	127	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-3	52
Torres-Martínez Miguel Angel*	PALEO-3	74	Velasco Villarreal Miriam*	GEOPAL-4	49
Torres-Martínez Miguel Angel*	PALEO-11	76	Velasco Vinasco Julian Andrés	CCA-23	12
Torres Sonia*	GEOH-8	34	Velasco Vinasco Julian Andrés	CCA-25	13
Torres Vera Marco Antonio	VUL-3	97	Velasco Vinasco Julian Andrés	CCA-26	13
Torrez Alavez José Abraham	SE03-9	109	Velasco Vinasco Julian Andrés	CCA-27	13
Tovar Ramírez Rodrigo	RN-4	78	Velasco Vinasco Julian Andrés*	CCA-28	13
Trasviña Castro Armando	SE08-9	126	Velasco Vinasco Julian Andrés	CCA-29	14
Trasviña Castro Armando*	SE08-10	127	Velázquez López Jesús Ernesto	SIS-27	94
Trasviña Castro Armando	SE08-11	127	Velázquez Muñoz Federico Ángel	OCC-20	65
Trasviña Castro Armando	SE08-16	128	Velázquez Rosas Noé	CS-5 CARTEL	6
Trasviña Castro Armando	SE08-18	128	Venegas-Gómez Carlos*	PALEO-6	75
Tristán González Margarito	VUL-5 CARTEL	98	Venegas-Gómez Carlos*	SED-4	85
Trujillo Córdova Jorge Alfredo	SE08-5	125	Ventura Marroquín Julia Isabel	MSG-14 CARTEL	59
Trujillo Córdova Jorge Alfredo*	SE15-2	149	Ventura Marroquín Julia Isabel	RN-10	80
Turk Boyer Peggy	SE15-3	149	Ventura Marroquín Julia Isabel	RN-15	81
Turrent Thomson Cuahutémoc	CCA-13	10	Venzke Ed	SE05-1	115
Turrent Thomson Cuahutémoc	CCA-19	11	Vera Zeller Marco Alejandro	RN-10	80
Tututi Guillén Eduardo	GEOPAL-5 CARTEL	49	Verduzco Zapata Manuel Gerardo	OCC-20	65
Tuxpan Vargas José	SE07-7	122	Vidal-Hernández Laura	SE15-4	149
Ucan-Cauich Yeny	SE15-17	152	Vidal-Hernández Laura	SE15-5	150
Urbano Latorre Claudia	SE15-29	155	Vidal-Hernández Laura*	SE15-25	154
Uribe-Martínez Abigail*	OCE-6	70	Vidal Muñoz Diana Gabriela*	OCC-15	63
Uribe-Martínez Abigail*	SE08-5	125	Vidal-Ruiz Jesús Adrián*	OCC-4	61
Uribe-Martínez Abigail	SE15-2	149	Vidal Solano Jesús Roberto	EG-28 CARTEL	23
Uribe-Martínez Abigail	SE15-36	157	Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-7 CARTEL	50
Urrutia Fucugauchi Jaime	EG-21	22	Vidal Villegas José Antonio	SE10-3	133
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-4	49	Vidal Villegas José Antonio*	SE10-10	134
Valadez Juárez Tannya	SE02-7	104	Viera Décida Federico	GGA-5	47
Valderrama Negrón Ninel	SE02-10	105	Vignudelli Stefano*	SE08-8	126
Valderrama Negrón Ninel	SE02-12	105	Villa Alfredo	SE06-3	117
Valdés José Francisco	FE-7	27	Villa Mora Vladimir Everardo	GET-16 CARTEL	43
Valdés Rodríguez Ofelia Andrea	SE13-1	144	Villanueva-Estrada Ruth Esther	GEOH-9	35
Valdez López Ram#n	RN-4	78	Villanueva Hernández Pablo	FE-1	26
Valdez Pérez María Eugenia	SE06-9	118	Villanueva Hernández Pablo	FE-4	26
Valdez S. Ivvan	CCA-14	10	Villanueva José	CCA-2	8
Valdivia Jiménez Paloma	SE15-3	149	Villanueva-Olea Rafael	PALEO-11	76
Valencia Cabrera Diana*	GEOQP-1	52	Villarraga Carolina	SE12-2	141
Valencia-Moreno Martín*	SE16-2	161	Vilmont Léon-Bavi	SE06-11	118
Valencia-Moreno Martín	SE16-3	161	Vital Ocampo Angélica Gabriela	GP-1	37
Valencia-Moreno Martín	SE16-4	161	Vite Galindo Andrés Michael	AR-4	2
Valentin Ramírez Cristian David*	GGA-4	46	Vite Sánchez Reynaldo	SE02-13	105

Wagner Andrea	CCA-18	11
Wang Mingyi	CCA-18	11
Welsh-Rodríguez Carlos Manuel*	CCA-24	13
Welsh-Rodríguez Carlos Manuel	RN-2	78
Wemmer Klaus	GEOQP-5	52
Wong Victor	SE10-1	133
Xiaoming Zhao	SE17-1	166
Xiaoming Zhao	SE17-2	166
Yakobi-Hancock Jaqueline	CCA-16	11
Yao Dongdong	SE10-1	133
Yarbu Ismael	GET-5	40
Yegres Luis	EG-24	23
Yegres Luis*	RN-9	79
Yépez González Enrico Arturo	OCC-29 CARTEL	67
Yépez Rincón Fabiola D.	GEOD-6	30
Yépez Rincón Fabiola D.	GEOD-7	30
Yépez Rincón Fabiola D.	GEOD-8	30
Yépez Rincón Fabiola D.	GEOD-9	30
Yépez Rincón Fabiola D.*	GEOD-10	31
Yépez Rincón Fabiola D.	RN-17	81
Yépez Rincón Fabiola D.	SE08-17	128
Yépez Rincón Fabiola D.	SE08-21	129
Yutsis Vsevolod	EG-17	21
Zamora-Camacho Araceli	SIS-14	91
Zamora-Camacho Araceli	SIS-18	92
Zamora-Camacho Araceli	SIS-25	94
Zamora-Camacho Araceli	SIS-26	94
Zamora Hilda	SE15-15	152
Zamora-Maciel Alejandra*	SE10-9	134
Zamudio Ángeles David	GGA-8 CARTEL	47
Zamudio Luis	SE03-12	110
Zanolli Fabila Betty	SIS-11	91
Zanor Gabriela Ana	GGA-7	47
Zarraluqui Víctor*	CCA-10	9
Zarraluqui Víctor	CCA-20	12
Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-34 CARTEL	15
Zavala-Hidalgo Jorge	OCE-6	70
Zavala-Hidalgo Jorge	RN-21	82
Zavala Trujillo Bárbara	SIS-3	89
Zeng Xubin*	SE19-4	169
Zúñiga Cabezas Andrés Felipe*	GGA-2	46
Zúñiga Tovar Angel Emmanuel*	RN-1	78

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote y Ruth Cerezo Mota
Editores



geos

Información con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(646)174-5050
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.mx



geos

