

geos

Interacción de los sistemas terrestres
RAUGM 2023
Celebrando el 50 aniversario del CICESE

Volumen 43 No. 1 Noviembre de 2023

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

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

Dr. Arturo Iglesias Mendoza
Instituto de Geofísica, UNAM
Presidente

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

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

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

Dra. Lucia Capra Pedol
Centro de Geociencias, UNAM
Secretario de Investigación

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

Dr. Oscar Alberto Castro Artola
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Secretario de Educación

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

Editores Principales

Luis A. Delgado Argote
ldelgado@cicese.mx
CICESE

Caridad Cárdenas Monroy
caridad@sismologico.unam.mx
UNAM

Comité Editorial

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

Apoyo Técnico Editorial

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

GEOS, boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana (UGM), se edita conjuntamente por la UGM y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) bajo el patrocinio del CICESE. Se publica dos veces al año, contiene artículos originales de investigación, artículos de divulgación, notas cortas, aspectos relevantes para la difusión de la actividad científica, tecnológica y docente en las Ciencias de la Tierra, así como noticias de interés para los miembros de la UGM. Las instrucciones para los autores se encuentran al final de cada número y en <https://geos.cicese.mx>

GEOS (ISSN 0186-1891) se edita en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas 22860, Ensenada B.C., México.

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

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.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice general	i
Sesiones Regulares	
Arqueometría (AR)	1
Ciencias del suelo (CS)	6
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA)	11
Exploración geofísica (EG)	27
Física espacial (FE)	37
Geodesia (GEOD)	41
Geohidrología (GEOH)	43
Geología del petróleo (GP)	52
Geología estructural y tectónica (GET)	53
Geología y geofísica ambiental (GGA)	58
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL)	61
Geoquímica y petrología (GEOQP)	64
Modelación de sistemas geofísicos (MSG)	69
Oceanografía costera (OCC)	74
Oceanología (OCE)	77
Paleontología (PALEO)	89
Riesgos naturales (RN)	94
Sedimentología y estratigrafía (SED)	100
Sismología (SIS)	102
Vulcanología (VUL)	112
Sesiones Especiales	
OLLIN-IGCP669 Central Mexico: Amenaza sísmica en el Cinturón Volcánico Transmexicano: avances en neotectónica, paleosismología, sismicidad histórica e instrumental (SE01)	120
Cuarenta años de geología en el noreste mexicano: pasado, presente y futuro (SE02)	124
Revistas de geociencias, divulgación y comunicación pública de las ciencias de la Tierra y el Espacio (SE03) ..	129
Limnología física (SE04)	133
Evolución tectónica y metalogénesis de los yacimientos minerales de México (SE05)	136
Aplicaciones geofísicas para la caracterización geotérmica (SE06)	139
Procesos tectónicos y magmáticos mesozoicos durante la ruptura de Pangea ecuatorial occidental (SE07)	141

Geotermia (SE08)	144
GeoChiapas: nuevas perspectivas sobre la tectónica y magmatismo del estado de Chiapas (SE09)	147
Expositores en la RAUGM 2023 (SE10)	152
Los nexos comida-energía-agua en un clima cambiante (SE11)	154
Aplicaciones de inteligencia artificial en geociencias (SE12)	156
Métodos de inversión y estimación de las incertidumbres aplicados a datos geofísicos (SE13)	159
Resiliencia costera (SE14)	161
50 años de investigación y docencia de Oceanografía Física en CICESE (SE15)	163
Ciencias oceanográficas, atmosféricas y sociedad: ¿cómo nos comunicamos? (SE16)	172
Campos volcánicos monogenéticos en México: hacia una visión integral (SE17)	175
Cambio climático y variabilidad climática: perspectivas actuales y desafíos futuros (SE18)	178
Ciencias espaciales, química prebiótica y astrobiología (SE19)	180
Un reconocimiento a los geocronólogos pioneros en la geología de México (mayores de 70 años) (SE20)	185
Instrumentación y protocolos de adquisición en geofísica (SE21)	190
Cincuenta años del desarrollo de la sismología del Noroeste de México (SE22)	195
El litio como mineral estratégico para el desarrollo sustentable: experiencias en América Latina (SE23)	198
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE24)	200
Avances de experimentos físicos en geología (SE25)	207
Conferencias plenarias (SE26)	210
Índice de autores	211

Sesión regular

ARQUEOMETRÍA

Organizadores

Galia González Hernández
Ángel Ramírez Luna

AR-1

ESTUDIOS CON GEORRADAR EN LA CIUDAD DE MÉRIDA YUCATÁN - PROYECTO CIENCIA DE FRONTERA

Blancas Vázquez Jorge¹, Bernal Cortés Itzayana², Barba Pingarrón Luis Alberto¹, Ortiz Butrón Agustín¹, Uriarte Gómez Nadia Edna³, Ligorred Perramon Josep⁴ y Venegas de la Torre Joaquín⁵

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM²Facultad de Ingeniería, UNAM³ESIATIC, IPN⁴Facultad de Arquitectura, UADY⁵Facultad de Ciencias Antropológicas, UADY

jorgeblancas@unam.mx

El estudio comprende la localización de vestigios arqueológicos enterrados y anomalías naturales en el subsuelo cárstico de la ciudad de Mérida, Yucatán como parte del "Proyecto de Ciencia de Frontera". Los antecedentes fueron los trabajos hechos hace unos años por el Laboratorio de Prospección Arqueológica de la UNAM en distintas zonas de la ciudad, incluyendo calles, plazas públicas, parques y monumentos históricos. Los resultados de la prospección en la ciudad de Mérida mostraron que el radar de penetración terrestre o georradar es la técnica adecuada para trabajar en contextos urbanos ya que parte de la información puede ser recuperada aún en zonas urbanizadas, es una técnica no destructiva y muy versátil, además la información puede ser visualizada en tiempo real para hacer una evaluación inmediata. Los resultados mostraron que después de procesar y analizar la información, se pueden comprobar algunas de las hipótesis planteadas, como son: localización de vestigios arqueológicos y de alteraciones naturales como la carsticidad en el subsuelo, adicionalmente, con la información registrada es posible crear un mapa de zonificación georreferenciado de los distintos elementos, naturales y culturales, hallados en el subsuelo.

AR-2

A LA BÚSQUEDA DE HISTÓRICAS SEPULTURAS EN LA CATEDRAL DE SAN ILDEFONSO EN MÉRIDA, YUCATÁN

Bernal Cortés Itzayana¹, Barba Pingarrón Luis¹, Blancas Vázquez Jorge¹, Ortiz Butrón Agustín¹ y Medina Suárez Víctor Hugo²

¹Laboratorio de Prospección Arqueológica (IIA-UNAM)²Facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán
ibecorts@gmail.com

Edificada en el siglo XVI, la Catedral de San Ildefonso, en el Centro Histórico de Mérida es la más antigua de México y de la América continental. El siguiente estudio en sus espacios interiores tuvo particularmente el objetivo de la localización de anomalías que pudieran relacionarse a la distribución de entierros descritos en el Croquis de la Catedral de Mérida de 1574, uno de los documentos más antiguos del sitio y recientemente descubierto. El documento registra la distribución de las primeras sepulturas y asientos de la catedral, con los nombres de aquellos que adquirieron un espacio en el templo. Un segundo objetivo fue la identificación de anomalías que sugieran la presencia de elementos coloniales o prehispánicos que pudieran ser de interés arqueológico e histórico tanto en el interior como en el exterior. Cubriendo en forma reticulada el área disponible en el interior de la Catedral de San Ildefonso y en sus alrededores inmediatos, el georradar resulta una técnica apropiada para la detección de las anomalías someras de forma indirecta. De manera casi inmediata es posible obtener radargramas o perfiles bidimensionales, los cuales pueden usarse para una interpretación básica, cumpliendo con el principal objetivo de los estudios de georradar que sería identificar tamaño, profundidad y ubicación desde una planta superficial, los elementos enterrados que pudieran relacionarse con el contexto histórico. El siguiente trabajo propone que, derivados del análisis de los perfiles bidimensionales, se puede llegar a una forma más sofisticada de procesamiento como lo son los mapas de plantas de amplitud. Consiste en crear mapas de amplitudes de las diferentes ondas reflectadas a diferentes profundidades y en conjunto, es posible ilustrar tridimensionalmente la ubicación de anomalías. La generación de estos mapas resulta agradable en el trabajo multidisciplinario y de divulgación, ya que el producto final resulta portátil y de lectura muy intuitiva. En éste contexto, las áreas anómalas de alta amplitud y contraste, asociadas a estructuras, criptas, tumbas y elementos enterrados, se logran visualizar a manera de volúmenes en mapas tridimensionales, para finalmente incorporar la información histórica al producto final.

AR-3 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIOS DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 3D Y RUIDO SÍSMICO EN EL PATIO NORTE DE LA CATEDRAL METROPOLITANA PARA LA BÚSQUEDA DEL VESTIGIO SUR DEL HUEI TZOMPANTLI

Caccavari Garza Ana¹, Cifuentes-Nava Gerardo¹, Cárdenas-Soto Martín², Barrera-Rodríguez Raúl³, Vázquez-Vallín Lorena³, Quiróz-Suárez Diego¹, Escobedo-Zenil David², Sánchez-González Jesús², Martínez-González José Antonio² y Gómez-Valdés Jorge A.⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM²Facultad de Ingeniería, UNAM³Programa de Arqueología Urbana, INAH⁴Escuela Nacional de Antropología e Historia

anavari@gmail.com

Desde el año 2015, el Programa de Arqueología Urbana del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), realizan investigaciones arqueológicas relacionadas con el Huei Tzompantli de Tenochtitlan, detectado parcialmente en el predio ubicado en la calle República de Guatemala número 24. De acuerdo a sus estimaciones, el límite sur de dicho edificio posiblemente se encuentra en el Patio Norte de la Catedral Metropolitana, a unos metros al sur de la reja de acceso por la calle República de Guatemala. Con el fin de detectar posibles vestigios asociados a la estructura del Huei Tzompantli, se realizaron estudios de prospección geofísica somera utilizando distintos métodos. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en los estudios de Tomografía de Resistividad Eléctrica 3D y de Ruido Sísmico.

AR-4

APLICACIÓN DE LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA SOMERA EN ESTUDIOS ARQUEOLÓGICOS: CERRITO DE LOS AGAVES, JESÚS MARÍA, JALISCO

Ramírez Barrón Carlos¹, Cifuentes Nava Gerardo², Caccavari Garza Ana², Retiz García Mario³, Esparza López Rodrigo³, Yoshida Teruaki⁴ y Sandoval Quintana Osiris²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Colegio de Michoacán⁴Facultad de Letras, Universidad de Tokai

r95carlos@comunidad.unam.mx

En este trabajo se presenta la aplicación de dos métodos de exploración geofísica somera aplicados a la arqueología: Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y Radar de Penetración Terrestre (GPR). Estos estudios han mostrado ser de mucha ayuda dentro de las investigaciones arqueológicas al momento de estudiar y explorar una zona de interés para corroborar objetivos a profundidad para su posterior excavación. La gran ventaja de su aplicación es que son métodos no destructivos que preservan el contexto arqueológico sin afectarlo, donde el parámetro físico medido es representante de los materiales a profundidad y mejor aún al combinar dos o más métodos, ya que así se puede diferenciar la ambigüedad que se puede presentar en algunos objetivos. Se presentan en este trabajo las pruebas llevadas a cabo en el Cerrito de los Agaves, municipio de Jesús María, Jalisco, en la plaza rodeada por montículos de origen prehispánico durante dos campañas, la primera de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) en 3D y la segunda para Georradar /GPR y TRE 2D. El objetivo es una tumba de tiro localizada en el centro de la plaza, donde solo se conoce el tiro pero no la localización de la misma, de tal forma que se diseñó un estudio específico para tratar de ubicar el contraste en la propiedad física, tanto en TRE como en GPR, que pudiera ser de interés para los arqueólogos.

AR-5 PLÁTICA INVITADA

ANÁLISIS DE SISTEMAS AGRÍCOLAS PREHISPÁNICOS MEDIANTE IMÁGENES MULTIESPECTRALES OBTENIDAS POR TELEDETECCIÓN (GEOEYE) Y SENSORES AEROTRANSPORTADOS (RPAS) - DOS EJEMPLOS DE LA CUENCA DE MÉXICO

Acosta Ochoa Guillermo, Jiménez Delgado Gerardo y López Mejía Javier
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
 acostaochoa@gmail.com

El uso de sensores aerotransportados para el análisis de los rasgos en el terreno, mejor conocidos en la literatura arqueológica como crop marks, se remonta a finales del siglo XIX, aunque su empleo generalizado se extendió en la primera mitad del siglo XX. Tras el lanzamiento del primer satélite Landsat en 1972, el uso de imágenes multiespectrales se ha popularizado como herramienta para estudios ambientales ambiental y el empleo de índices de vegetación con el fin de evaluar el vigor de la vegetación. El aumento de la resolución de los sensores satelitales ha permitido su uso en arqueología, no obstante, el elevado costo de los sensores de muy alta resolución limita su empleo generalizado. Una alternativa han sido los sensores aerotransportados, particularmente aquellos montados en drones o RPAS (Remotely Piloted Aircraft System); los cuales no solo han extendido su uso en las últimas dos décadas, si no que también han diversificado el tipo de sensores activos y pasivos que pueden emplearse. En este trabajo se expone la utilidad de combinar datos obtenidos por imágenes satelitales de muy alta resolución, con el fin de obtener datos a nivel regional en la localización de sitios arqueológicos y evaluación de grandes extensiones de terreno; y su complementariedad con sensores aerotransportados mediante RPAS, los cuales permiten tener una menor extensión del área estudiada, pero una resolución (GSD) menor a 4cm por pixel. Su empleo para identificar la extensión, morfología y grado de afectación humana de rasgos asociados a antiguos sistemas agrícolas en el antiguo sistema lacustre de Texcoco y Xochimilco ha permitido lograr una idea más acabada de la importancia de este tipo de tecnologías en el abastecimiento alimenticio de los grupos previo a la llegada de los españoles; así como establecer su grado de afectación actual y poder llevar a cabo estrategias para su protección.

AR-6

ESTUDIO MULTIESCALAR PARA ENTENDER EL DESARROLLO URBANO DE PALENQUE

Solleiro Rebolledo Elizabeth¹, Guerrero Rojas Víctor Alexis² y Liendo Stuardo Rodrigo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Posgrado en Geografía, UNAM

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

solleiro@geologia.unam.mx

Los complejos procesos que ocurren durante la urbanización conllevan a una transformación sustancial del paisaje. Para entender dichas transformaciones del desarrollo de la ciudad de Palenque durante el Clásico (250-900 DC) empleamos una metodología multiescalar, iniciando con el análisis de imágenes LIDAR y técnicas de visualización, pasando a recorridos en campo y finalizando con un análisis micromorfológico de los suelos y materiales de construcción. El análisis LIDAR permitió obtener un mapa geomorfológico detallado, en el que se observan las modificaciones realizadas en el paisaje, como desviación de ríos, construcción de canales, nivelación del terreno, entre otras, que trajeron como consecuencia cambios en los procesos de erosión y sedimentación naturales. Durante el trabajo de campo, detectamos que los suelos dominantes dentro del sitio eran de coloración amarillenta, arenosos, no carbonatados y con moteados de Fe. Adicionalmente, encontramos Leptosoles réndzicos sobre las rocas calcáreas. En la base de las edificaciones, también encontramos los restos del suelo arenoso. Por otro lado, el estudio micromorfológico de los rellenos del grupo IV permitió detectar el uso de los materiales circundantes como travertinos, fragmentos de caliza, moluscos y de los suelos arenosos, mezclados con otros de origen antrópico (estucos, carbón, cerámica, huesos). Sin embargo, encontramos una diferenciación en el tipo de materiales de relleno en diferentes épocas, lo cual puede estar relacionado con la disponibilidad de recursos, o bien a las condiciones políticas y económicas de la ciudad.

AR-7

EL ESTUDIO DE PATRIMONIO INTANGIBLE A PARTIR DE SUS RESIDUOS QUÍMICOS, ESTUDIANDO LAS ACTIVIDADES RITUALES DE TEOTIHUACÁN Y TENOCHTITLÁN

Ortiz Agustín, Barba Luis y Blancas Jorge
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
 ortizbutron@gmail.com

Como parte de las evidencias del pasado, el ritual ha sido sin duda alguna, parte fundamental de las sociedades preteritas. Pude manifestarse como un acto social, sagrado o festivo. Puede ser practicado en público o en privado y está estrechamente ligado con la visión del mundo, la historia y la memoria de las comunidades. Sus manifestaciones pueden ir desde pequeñas reuniones

individuales, hasta celebraciones y conmemoraciones sociales de grandes proporciones. Como resultado de la actividad ritual, puede quedar evidencia tangible como altares, pintura mural alusiva, artefactos asociados como braseros, piedras sacrificiales, incensarios, artefactos líticos e inclusive restos humanos y de animales con marcas claras en sus restos óseos. Sin embargo, y basándose en fuentes etnográficas, los rituales también involucran una amplia gama de expresiones: gestos y palabras particulares, cantos, danzas, indumentarias específicas, procesiones, sacrificios de animales, así como el empleo de comidas y bebidas especiales. Todas estas expresiones culturales forman parte del patrimonio cultural intangible. En este sentido y como parte de la arqueometría, el estudio de residuos químicos en pisos y cerámicas arqueológicas ha permitido recuperar información de las sustancias vinculadas con los rituales. Estos residuos invisibles e intangibles se preservan atrapados en los poros de los materiales y pueden ser extraídos para tratar de identificar el tipo de sustancia involucrada (resinas, sangre, alimentos, bebidas, etc.) además de informar en que espacios se realizaron dichas actividades. El objetivo principal de esta ponencia es contribuir al estudio de los contextos rituales, a partir de la identificación de residuos químicos preservados en los poros de la cerámica y de los pisos a través de pruebas sencillas de spot test, para informar indirectamente sobre ese patrimonio intangible e invisible que ha quedado en el contexto arqueológico como evidencia de una parte del ritual que normalmente no se toma en cuenta. Este trabajo muestra algunos de los resultados obtenidos en varios contextos rituales tanto de Teotihuacán como del Recinto Sagrado de México-Tenochtitlan. Algunos de los resultados obtenidos asociados a patios, plazas, altares, murales e imágenes alusivas, muestran claramente la disposición del espacio sagrado en donde se desarrollaron las actividades rituales. Por otra parte, el estudio de materiales cerámicos como sahumerios y otras formas ofrendadas, ha permitido confirmar que estos sirvieron para el ofrecimiento de sangre y copal.

AR-8

FIRMA QUÍMICA Y PROCEDENCIA GEOLÓGICA DE OBSIDIANA DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS DEL NORTE DE MICHOACÁN (600-900 DC), IDENTIFICADA POR MICROSONDA DE ELECTRONES (WDS) Y ANÁLISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)

Herrera-Novelo Amalia Alejandra¹, Robles-Camacho Jasinto², Salazar-Hernenegildo Noemí³, Aguayo-Haro Ramiro⁴, Sosa-Ceballos Giovanni⁵, Corona-Chávez Pedro⁶, Fernández-Villanueva Eugenia¹ y Macías-Vázquez José Luis⁶

¹Posgrado en Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN

²Laboratorio de Arqueometría de Occidente, Centro INAH Michoacán

³Laboratorio de Microanálisis, Departamento de Peligros y Riesgos Volcánicos, Instituto de Geofísica sede Michoacán, UNAM

⁴Sección de Arqueología, Centro INAH Michoacán

⁵Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

amalia.herrera@cinvestav.mx

La obsidiana se encuentra entre los materiales culturales más resistentes a la intemperie en contexto arqueológico, y su estudio químico, junto con el de los yacimientos explotados en épocas contemporáneas, ha permitido reconocer redes de intercambio o comercio. En este trabajo se presentan los resultados de análisis por microsonda de electrones en objetos arqueológicos mesoamericanos y de yacimientos de obsidiana de la parte norte del estado de Michoacán, México, que permitieron identificar su firma química y determinar las fuentes probables de la materia prima. Los materiales analizados corresponden a navajas y raspadores recuperados de los sitios de Zaragoza (La Piedad), Zacapu, La Nopalera (Huandacareo), La Mina (Álvaro Obregón) y de yacimientos de obsidiana de Ucareo, Zinapécuaro y Pénjamo, para su comparación. La información arqueológica indica que durante el Epiclásico (600-900 d.C.) esos sitios tuvieron las mayores coincidencias culturales. Se analizaron elementos mayores y traza en 80 objetos arqueológicos y en 40 muestras de yacimientos de obsidiana de la región norte de Michoacán en su límite con el estado de Guanajuato. El tratamiento de los resultados WDS por Análisis de Componentes Principales (PCA), indican que: i) los rangos de valores de Si vs. Na+K grafican en el campo riolítico dentro del diagrama TAS; ii) las muestras de Huandacareo y La Mina exhiben una afinidad con la serie sub-alcalina, mientras que las obtenidas del sitio arqueológico de Zaragoza caen dentro de la serie alcalina; iii) las relaciones del sistema CaO-K₂O-FeO-MnO de los objetos arqueológicos de obsidiana procedentes de la zona arqueológica de Zaragoza, indican que fueron elaborados con materia prima extraída de los depósitos volcanoclasticos de Pénjamo; los de la zona arqueológica de La Mina coinciden con la firma química del yacimiento de Ucareo, y por último, los del sitio arqueológico Huandacareo provienen del yacimiento de Zinapécuaro. Las variaciones químicas del vulcanismo en el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), permiten integrar afinidades a partir de la relación de los iones Na1+K1+ y Fe3+-Mn2+. Esto, como una consecuencia de su carga iónica y su afinidad en la corteza continental en esta parte de la placa Norteamericana.

AR-10

LA JOYA - YACIMIENTO QUE PROVEYÓ DE MATERIA PRIMA A QUIENES LABORARON EN LOS TALLERES DE MANUFACTURA DE INSTRUMENTOS DE OBSIDIANA EN LA ISLA DE ATITLÁN, JALISCO

Blanco Morales Ericka Sofía¹, Acosta Ochoa Guillermo² y Coba Morales Luis Alberto²¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM²Laboratorio de Prehistoria y Evolución, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM
erickasofiablanco@gmail.com

La obsidiana es el vidrio volcánico que desde hace miles de años sirvió de materia prima para la elaboración de objetos útiles y suntuarios en el territorio mexicano. La tecnología de talla para la extracción de láminas y lascas que permitiesen formar artefactos para cortar y raspar, fue una actividad económica importante para los pueblos agrícolas que habitaron el territorio antes de la llegada de los españoles. En Jalisco la obsidiana resultó un recurso económico fundamental debido a su abundancia y a la diversidad de yacimientos presentes, sin embargo, no todos los vidrios volcánicos disponibles tienen las características idóneas para la talla especializada. Como ya los hemos demostrado, en los contextos volcánicos de Jalisco existen obsidianas cuya traza elemental no resulta idónea para la talla constante de láminas y lascas. En esta presentación confirmamos que los materiales útiles que se manufacturaron en la isla de Atitlán, dentro del extinto lago de Magdalena en el actual estado de Jalisco, son producto de materias primas que no se encontraban disponibles en la isla sino a varios kilómetros de distancia, justo en las faldas del complejo volcánico Tequila en el yacimiento y sitio arqueológico conocido como La Joya. Gracias a esta investigación demostramos que, la obsidiana local no fue aprovechada debido al tamaño de los nódulos y el alto grado de porosidad e inclusiones, por lo que se prefirió el traslado para obtener una materia prima que permitiese mejores resultados de producción.

AR-11

USO COMPARATIVO DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE TURQUESA PROCEDENTE DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE ALTA VISTA, ZACATECAS

Silva León Isabel del Socorro¹, Medina-González Isabel², Manrique Ortega Mayra D.¹, García Uranga Baudelina³ y Reyes Trujeque Javier¹¹Universidad Autónoma de Campeche, UAC²ENCRyM-INAH³Centro INAH Zacatecas
issilva@uacam.mx

El sitio arqueológico de Alta Vista, principal centro ceremonial de la fase Súchil de la cultura Chalchihuites (200- 950/1000 d.C.). Se localiza en el noroeste de Zacatecas, muy cerca del Trópico de Cáncer. Se cree que el área de Chalchihuites fue la primera región en la que se utilizaron grandes cantidades de turquesa a mediados del Clásico (100- 900 d.C.). En la década de los 1990s, en el Proyecto Arqueológico de Altavista Zacatecas, bajo la dirección del Dr. Charles Kelley, se excavaron lo que posiblemente sea el acervo de turquesa más prolijo de Mesoamérica, mismo que actualmente se encuentra bajo investigación por arqueólogos, conservadores y científicos de la ENCRyM-INAH y del Laboratorio Nacional de Ciencias Para la Investigación del Patrimonio Cultural (LANCIC.-CICORR-UAC). Mucho de la literatura arqueológica refiere al término "turquesa" para los fragmentos de mineral de tonalidad azul turquesa, azul verdoso y verde intenso que se han empleado en la elaboración de artefactos asociados al lujo y prestigio. Destaca la división entre turquesa "química" y "cultural". La turquesa química se distingue como un fosfoaluminato básico de cobre: $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$, mientras que la turquesa cultural se refiere a otras variedades de piedra azulada. La presencia de turquesa química en Alta Vista se concibe como un marcador de relaciones comerciales de larga distancia con el sureste de Estados Unidos, donde se encuentran los principales yacimientos. Hasta el momento, el gran acervo de teselas de turquesa de Alta Vista se ha estudiado principalmente por espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRX). En esta contribución, se comparan los procedimientos y resultados obtenidos para la caracterización de un conjunto de 94 teselas de color verde azulado que fueron analizadas tanto por FRX como por otras técnicas, tales como técnicas de imagen, espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y difracción de rayos X (DRX)). Los resultados demostraron que la FTIR resultó ser altamente competente para la caracterización de las teselas, proporcionando mayor rapidez en la obtención de resultados, además de ser una técnica más económica en comparación con otras técnicas como DRX. Sin embargo, la complementariedad de las técnicas analíticas permite robustecer esta investigación. La FRX al complementarse con DRX permitió la identificación de 88 teselas de turquesa; una tesela compuesta de minerales de turquesa + pirita (FeS_2); tres de turquesas + cuarzo (SiO_2) y dos teselas de cuarzo.

AR-12

APLICACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA EL ESTUDIO DEL PATRIMONIO CULTURAL SUMERGIDO EN EL SURESTE MEXICANO

Manrique Ortega Mayra Dafne¹, Silva León Isabel¹, Barba Meinecke Helena² y Reyes Trujeque Javier¹¹Universidad Autónoma de Campeche, UAC²Subdirección de Arqueología Subacuática, SAS-INAH
mdmanriq@uacam.mx

El Patrimonio Cultural Sumergido (PCS) encontrado del territorio mexicano incluye una amplia variedad de materiales de distintas temporalidades, que abarcan desde la prehistoria hasta la época moderna. Estos se componen por: restos humanos y animales, objetos prehispánicos que por azar o intencionalmente fueron sumergidos, así como vestigios de naufragios de diversas épocas históricas. El PCS también incluye aquellos contextos no sumergidos íntimamente ligados con el paisaje subacuático, como las obras de infraestructura portuaria, las cuales son evidencia del intensa navegación marítima, fluvial y lacustre en México. Debido a que los materiales sumergidos están expuestos a un ambiente cambiante y agresivo que los deteriora considerablemente su superficie, la conservación de este tipo de artefactos aún sigue siendo un reto por las transformaciones que sufren desde su depósito en los cuerpos de agua y las afectaciones que pueden provocarse al ser removidos de ellos. Estas modificaciones del PCS no solo tienen una importancia histórica que se limita a la variedad temporal y material, sino tiene grandes aportaciones en temas de conservación y perfeccionamiento de materiales actuales, ya que son una evidencia de la interacción de estos con el entorno subacuático a largo plazo, lo cual permite el desarrollo y mejora de los materiales para la conservación, así como el perfeccionamiento de los protocolos de inspección y diagnóstico. El trabajo conjunto de la Subdirección de Arqueología Subacuática Oficina Península de Yucatán (sede INAH Campeche) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (SAS-INAH) y la sede del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural en el Centro de Investigación en Corrosión (LANCIC-CICORR) ha permitido estudiar un número considerable de diversas piezas de patrimonio sumergido, principalmente en aguas marinas, empleando técnicas analíticas, en su mayoría no destructivas y portátiles. Entre las colecciones analizadas se encuentran piezas metálicas, materiales pétreos, objetos cerámicos, vidrio, numismática y joyería, los cuales permiten reconstruir la historia de los navíos que transportaban estos bienes y que son un reflejo de las costumbres de la época, de las tecnologías de fabricación, y de las rutas de intercambio de una época. Asimismo, estos objetos son un registro de los cambios en los materiales y sus procesos de manufactura. El presente trabajo expone los resultados obtenidos de estas investigaciones a lo largo de los años en diferentes materiales encontrados en las costas del sureste mexicano, en particular, en el estado de Campeche. Asimismo, busca poner en retrospectiva el desarrollo de protocolos basados en técnicas no destructivas para la caracterización de materiales sumergidos mediante técnicas analíticas como espectroscopia de fluorescencia de rayos X, espectroscopia infrarroja, espectroscopia Raman y difracción de rayos X; así como las perspectivas a futuro en este tema.

AR-13

ESTUDIO DE PIGMENTOS Y ENGOMBES EN CERÁMICAS POLICROMAS DEL POSCLÁSICO EN EL CENTRO DE MÉXICO

Jiménez González Rocío Berenice¹, Acosta Ochoa Guillermo², Cabadas Báez Héctor Víctor³ y Pi Puig Teresa⁴¹Posgrado en Antropología, UNAM²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM³Laboratorio de Geología, Universidad Autónoma del Estado de México⁴Instituto de Geología, UNAM
rberenicejimenez@gmail.com

El análisis de los materiales cerámicos en arqueología ha estado dominado por los estudios tipológicos, mientras que el análisis de la tecnología de producción se ha restringido a la descripción macroscópica de pastas y acabados de superficie. Sobre este último tema, el análisis de rasgos tecnológicos del acabado de superficie, como son la aplicación de engobe y la decoración pintada, han resultado ser buenos indicadores para identificar aspectos como las atmósferas de cocción, temperaturas alcanzadas, dobles cocciones, fuentes de materias primas y materiales colorantes, entre otros. En este sentido, los estudios sobre los pigmentos en México se han centrado en soportes como la pintura mural y, recientemente, en códices; no obstante, los estudios específicos sobre tecnología del color en cerámica son escasos. Nuestro estudio expone el análisis preliminar para la caracterización de pigmentos y engobes en cerámicas del Posclásico (ca. 1100-1521) mediante colorimetría, fluorescencia de rayos X y microscopía de barrido con sonda de energía dispersiva. Esto nos ha permitido identificar el empleo de engobes o bases blancas/cremas de diatomeas, caolín y otras arcillas; pigmentos elaborados con minerales de hierro, manganeso y negro de humo; así como la presencia de azul maya y un pigmento no identificado previamente, basado en grafito cristalino.

AR-14

PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN Y DATACIÓN DE CERÁMICAS ARQUEOLÓGICAS EN EL LABORATORIO DE TERMOLUMINISCENCIA DEL IGEF, UNAM: EL CASO DEL SITIO DE TABUCO, VERACRUZ

Ramírez Luna Angel¹, Maldonado Vite María Eugenia², Schaaf Peter¹, Ruiz Basilio Ruth³, López Linares Carlos¹, Salazar Ledesma Maricarmen⁴ y Ortiz Butrón Agustín⁵

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro INAH Veracruz

³Facultad de Química, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

⁵Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

rangel@igeofisica.unam.mx

El sitio arqueológico de Tabuco se encuentra en el Estado de Veracruz, en una región costera al norte del Golfo de México cercano a la ciudad de Tuxpan, la cronología de la zona es compleja dada la liga de influencias maya, popoloca, totonaca y huasteca que existe en la Costa Veracruzana. La situación geográfica del sitio de Tabuco es importante para entender las relaciones de un pueblo fronterizo entre totonacas y huastecos principalmente. Sobre el sitio existen estudios describiendo el material cerámico encontrado, sin embargo, es necesario caracterizar a fondo la cerámica dado que es una gran fuente de información. En la medida que se conozcan más datos de la cerámica, esta nos podrá revelar más información sobre el sitio arqueológico de donde proviene. En términos de datación, sobre la cerámica de Tabuco solo se cuenta con dataciones relativas e inferencias sobre su cronología. Las escasas investigaciones sobre este importante asentamiento prehispánico de la Huasteca veracruzana en general, motivaron la creación de un proyecto de investigación arqueológica y arqueométrica integral la cual inició en 2012. Del sitio se extrajo material cerámico para ser caracterizado mineralógicamente y elementalmente, así como su datación por el método de termoluminiscencia para establecer dataciones y cronologías absolutas en la zona norte del Golfo de México, siendo las primeras dataciones en la región del Golfo las que en este trabajo se presenta. Así mismo, este trabajo propone y describe la integración sistemática de métodos y técnicas de análisis para la caracterización de material cerámico que llega al Laboratorio de Termoluminiscencia del Instituto de Geofísica UNAM. A partir de este trabajo se elaboraron los procedimientos, diagramas de proceso y herramientas para optimizar los análisis y establecer a partir de ello, la guía para el procesamiento de muestras subsecuentes en el laboratorio. Se presenta la metodología establecida, los resultados y conclusiones a partir de las dataciones, mineralogía y química elemental de la cerámica de Tabuco.

AR-15

NUEVAS EDADES DE RADIOCARBONO PARA LA CRONOLOGÍA DE SITIOS LACUSTRES DEL POSCLÁSICO DENTRO DE LA CUENCA DE MÉXICO

Santos Hipólito Daniel¹, Acosta Ochoa Guillermo², González Hernández Galia², Padilla Alue María Guadalupe¹ y Beramendi Oroscio Laura²

¹Dirección de Salvamento Arqueológico, INAH

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

danielhipolitogarcia86@gmail.com

En este trabajo se presentarán una serie de dataciones de radiocarbono sobre muestras de madera provenientes de pilotes y otros artefactos arqueológicos colectados en excavaciones llevadas a cabo en varios sitios lacustres en la Cuenca de México como resultado de salvamentos arqueológicos en Tlatelolco, Zacatenco, así como un palafito dentro del Lago de Texcoco. Las edades radiocarbónicas de estos artefactos de maderas obtenidas por Espectrometría de Centelleo Líquido -ECL en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono-LUR de la UNAM, aunadas a dataciones previamente obtenidas para otras zonas estudiadas como San Gregorio en Xochimilco, contribuirán a establecer una cronología más completa y detallada de los procesos de ocupación del espacio lacustre.

AR-16

RED LATINOAMERICANA DE ARQUEOMETRÍA Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL, REDLAAC

Ramírez Luna Angel y García Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM

rangel@igeofisica.unam.mx

Para Latinoamérica contar con una red que tenga una base de datos académica y científica sobre arqueometría y conservación del patrimonio cultural, sería muy útil e importante para el desarrollo y crecimiento de estas áreas, reduciendo así las distancias, eliminando fronteras y optimizando recursos. Una red científica tiene como una de sus características hacer que el flujo de la información y el conocimiento sobre nuevas técnicas, métodos y aplicaciones científicas y tecnológicas se distribuyan más rápido dentro de la comunidad científica. Es sin duda trascendental, por ejemplo, que algunos cuestionamientos científicos sean planteados y que, a través de una red científica, la respuesta a esos cuestionamientos pueda encontrarse en otro país. En este trabajo se presenta el proyecto de la creación de una red académica-científica con una base de datos de consulta y con acceso

a través de una página web. Esta red denominada: "Red Latinoamericana de Arqueometría y Conservación del Patrimonio Cultural" REDLAAC plantea una base de datos la cual será alimentada por los usuarios a través de un registro. El objetivo principal de la red sea la de agrupar y vincular a los especialistas Latinoamericanos de física, arqueología, química, antropología, biología, conservación y restauración y áreas afines aplicados a la arqueología y conservación del patrimonio cultural, así como vincular a las instituciones académicas y organizaciones que realicen o promuevan dichas áreas. La región de interés a la que está enfocada la red es Latinoamérica, sin embargo, esto no significa que países de otras regiones no puedan participar. Los objetivos principales de la red son: - Contar con una base de datos para consulta y contacto entre los miembros y usuarios de la red. - Ser el medio de conexión y vínculo entre los académicos, especialistas, profesionistas y estudiantes de Latinoamérica. - Ser una página que proporcione y difunda información académica sobre eventos (Congresos, simposios, cursos, talleres, seminarios, etc.). - Organizar eventos académicos en línea o presenciales como conferencias, seminarios, cursos, talleres entre otros. La sede de la red (administración de la red y ubicación del servidor y base de datos) está establecida dentro de la infraestructura del Laboratorio de Termoluminiscencia del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México. La red cuenta actualmente con representantes en 10 países de Latinoamérica, esperando contar en un futuro con representantes en todos los países.

AR-17 CARTEL

FITOLITOS COMO INDICADORES DEL USO DE PASTOS EN TEOTIHUACÁN

Martínez-Yrizar Diana y Adriano-Morán Carmen Cristina

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

yrizarmd@hotmail.com

Es bien conocido el uso de los recursos vegetales por parte de las poblaciones antiguas para la subsistencia y los habitantes de Teotihuacán no fueron la excepción. A través del análisis de los distintos materiales botánicos (polen, semillas, madera, gránulos de almidón) recuperados de contextos arqueológicos, se han identificado las plantas que utilizaban en diferentes aspectos de su vida cotidiana: alimentación, elaboración de vestimentas y artefactos, material para construcción y combustión, entre otros. En los contextos rituales, los artefactos como textiles, colocados en las ofrendas o como parte de los enterramientos, pocas veces se han conservado en buenas condiciones para su examen e identificación. Sin embargo, se han recuperado muestras de sedimentos con evidencia de material vegetal de ofrendas o entierros para su estudio. En este trabajo presentamos los resultados de la exploración de algunas de estas muestras, a través del análisis de fitolitos, con el objetivo de conocer el tipo de plantas usadas en la manufactura de artefactos colocados en los contextos mencionados. Los fitolitos identificados muestran que la familia Poaceae (gramíneas) era un recurso importante en la confección de dichos enseres.

AR-18 CARTEL

MALACATES ARQUEOLÓGICOS: UN INSTRUMENTO PARA EL HILADO

Jiménez González Rocío Berenice¹, Adriano Morán Cristina², Martínez Yrizar Diana², Acosta Ochoa Guillermo² y González Hernández Galia³

¹Posgrado en Antropología, UNAM

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

rberenicejimenez@gmail.com

El presente trabajo muestra el estudio de un conjunto de artefactos empleados en la actividad del hilado durante el periodo Posclásico en el sur de la cuenca de México, mejor conocidos como malacates, husos o volantes. El análisis estadístico sugiere tres grupos que parecen coincidir con las observaciones etnográficas, que fueron utilizados para el hilado del algodón y dos tipos de fibras de ixtle o agave. El análisis mediante RTI (Reflectance Transformation Imaging) permitió identificar las decoraciones más comunes impresas en estos artefactos, entre las que destacan glifos, representaciones de animales, motivos geométricos, entre otros. Se destaca también que en uno de los malacates se identificó la presencia de fibras de ixtle (agave sp), única evidencia de este tipo reportada hasta el momento.

AR-19 CARTEL

EL AZUL MAYA EN TIERRAS NAHUAS - ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y ELEMENTAL DE PIGMENTOS AZULES EN CERÁMICA DE LA CUENCA DE MÉXICO

Acosta Ochoa Guillermo¹, Jiménez González Rocío Berenice², Cabadas Báez Héctor Víctor³, Pi Puig Teresa⁴, Díaz-Ortega Jaime⁴ y Reyes-Lezama Marisol¹

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Posgrado en Antropología, UNAM

³Universidad Autónoma del Estado de México

⁴Instituto de Geología, UNAM

acostaocchoa@gmail.com

El Azul maya es un pigmento híbrido, resultado de un complejo formado por arcilla palygorskita y añil (*Indigofera suffruticosa*). Es considerado el primer nanomaterial

del Nuevo mundo y aún existen hipótesis sobre la técnica específica de su obtención. Aunque hay referencias de su posible uso desde el Preclásico superior en el área maya, su uso se extendió en el siglo VIII en la zona maya y hacia el siglo X-XI en el altiplano central, particularmente en la cerámica de uso ceremonial (braseros, figurillas, instrumentos musicales entre otros). En este estudio analizamos pigmentos azules en artefactos cerámicos pertenecientes al Posclásico Temprano (ca. 900-1250) y Posclásico Tardío (ca. 1350-1521), mediante el empleo de técnicas ópticas y espectroscópicas (SEM-EDS, XRF, FTIR, XRD) que han permitido confirmar la presencia de arcilla palygorskita asociada a indigotina. No obstante, también se ha advertido que el “azul maya” del Posclásico en la cuenca de México tiene un sello distintivo pues la base blanca sobre la que se aplicó el pigmento se compone de cal y sílice biogénico (diatomita), siendo éste último elemento un rasgo particular de la receta empleada por las comunidades chinamperas del sur de la cuenca.

AR-20 CARTEL

INSTRUMENTOS DE MOLIENDA EN LA ISLA DE ATITLÁN, JALISCO - ANÁLISIS PRELIMINARES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FITOLITOS Y ALMIDONES

Blanco Morales Ericka Sofia¹, Martínez Yrizar Diana²,
Cruz Palma Jorge Erza³ y Adriano Morán Cristina²

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

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

³Laboratorio de Prehistoria y Evolución, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

erickasofia blanco@gmail.com

La isla de Atitlán fue un espacio estratégico para el ser humano. Su ubicación en lo que fuese el lago de Magdalena en Jalisco facilitó la dinámica económica antes de la llegada de los españoles e, incluso, en época moderna antes de la desecación del lago. Los seres humanos allí asentados aprovecharon los recursos disponibles para su consumo y la producción artesanal de bienes útiles y suntuarios a escala familiar e institucional. En el año 2020 y 2021 se reportaron por primera vez objetos de rocas tallada que se asocian a un conjunto especializado de producción de instrumentos de obsidiana, que a su vez fueron empleados para la elaboración de otros productos en el mismo espacio. Fueron talladas y pulidas para formar en la parte útil cúpulas o pocitos que sirviesen de morteros. En esta ocasión nuestro trabajo presenta los resultados preliminares de los análisis de los residuos muestreados tras su registro como elemento 1/13 en la excavación del CEP, en los que, después de un proceso de separación de muestras e identificación microscópica de fitolitos y almidones se pudieron identificar familias y géneros de vegetales relacionados al uso del objeto, por lo que confirmamos que se trataron de instrumentos de procesamiento de vegetales a través de la molienda.

AR-21 CARTEL

CONTRIBUCIÓN DEL RADIOCARBONO A LA CRONOLOGÍA DE LA CUEVA DE LAS MANITAS EN OAXACA, MÉXICO

González Hernández Galia¹, Beramendi Orosco Laura¹, Robles García Nelly M.², Rivero Weber Lilia T.³, Gutiérrez Mendoza Gerardo⁴, Galván Benítez Miguel Ángel² y Gogichaishvili Avto¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²INAH-Oaxaca

³PUEC-UNAM

⁴Univ. De Colorado, Boulder

galia@igeofisica.unam.mx

La Cueva de las Manitas se encuentra en el Municipio de San Juan Bautista Cuicatlán, a 2km de la población de Santiago Domíngulo, en el Estado de Oaxaca, México, en la región de la Cañada, lugar que forma parte de la Reserva de la Biosfera Tehuacán- Cuicatlán declarada por decreto el 18 de septiembre de 1998. Este es un abrigo rocoso limitado por la cañada que lo limita al Este de la boca de la cueva, con dimensiones de 38 m de la boca de la cueva, con una profundidad máxima de 17 m que varía en diferentes puntos, al igual que las alturas promedio de 10 m. La cueva contiene arte rupestre con elementos antropomorfos como manos y cuerpos (razón del nombre), elementos zoomorfos y simbólicos. Los elementos pintados sobre las paredes y techo del abrigo presentan técnicas y colores diferentes. Rojos, amarillos, blancos cafés, son los que se alcanzan a distinguir pese al vandalismo y reciente uso como abrigo para animales de pastoreo. Las exploraciones arqueológicas iniciaron en 2022, para lo que se integró un equipo interdisciplinario. Resultado de la primera campaña se obtuvieron materiales para datación, como fragmentos de carbón orgánico, fibras vegetales, fragmentos de olotes de maíz y semillas de diferentes especies. Con el objetivo de obtener una cronología más precisa para este sitio y como parte del Proyecto de Investigación Conservación Arqueológica e Impacto Social de la Cueva de las Manitas, Cuicatlán, Oaxaca del INAH, se han obtenido once muestras de carbón recuperadas en cuatro capas culturales, localizadas en cuatro pozos de sondeo practicados en 2022, los cuales fueron excavados al interior de la cueva y asociados espacialmente con áreas del arte rupestre para datación. En este trabajo se presentarán las edades radiocarbónicas calibradas obtenidas por Espectrometría de Centelleo Líquido-ECL en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono - LUR de la UNAM. Estas dataciones permitirán una mejor comprensión acerca de las épocas de ocupación y actividad humana en la cueva.

Sesión regular

CIENCIAS DEL SUELO

Organizadores

Elizabeth Solleiro
María Yazmín Rivera Uria

CS-1

CARACTERIZACIÓN POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X PORTÁTIL (FRXP) EN SUELOS CAFETALEROS DE SAN JUAN LACHAO-JUQUILA, ESTADO DE OAXACA

Martínez Calvo José Andrés¹, Muñoz Máximo Ignacio¹, Castro Alarcón Ivana Astrid¹ y Alemán Heredia Sergio Ludwig²

¹Geociencias Aplicadas DITCo

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

jose.martinezcal@alumno.buap.mx

La evolución de suelos acompañados por un manejo planificado integral, entre la agricultura orgánica y la pedogénesis, contribuyen a que la fertilidad de los suelos sea más prolongada. Sin embargo, existen pocos estudios acerca de la naturaleza genética de los minerales que son formadores de suelos, y como muchos pueden proceder de altos topográficos circundantes al ser movilizados por lluvias (deslizamientos), escurrimientos o ríos, principalmente en periodos atípicos. Además, después de varios ciclos de manejo agrícola, muchos suelos tienden a concentrar cargas químicas de elementos que muchas veces no son consumidos por las plantas, ni por la actividad bacteriana, y que tienden a modificar la composición química y morfológica (a escala microscópica) de los suelos in-situ. En esta investigación, se presentan los resultados por FRXP de 172 muestras de una zona cafetalera que lleva 8 ciclos productivos, y que año con año sufre inundaciones debido a las intensas tormentas que dan lugar a fuertes deslizamientos que son transportados por las avenidas de agua en la región. Los especímenes caracterizados, fueron extraídos a un promedio de 50 cm de profundidad, se han analizado fragmentos de pétreos (23), muestras de la zona radicular (27) y suelos arenos arcillosos (122). La metodología de laboratorio para la selección de muestras de suelo extraídas y analizadas fue, la aplicación del método de cuarteo (4*4), las cuales fueron tratadas ópticamente para separar elementos contaminantes (basura o residuos externos), mediante punzón para evitar la contaminación cruzada. Además, se ha realizado el análisis de datos aeromagnéticos para identificar fallas geológicas y cuerpos intrusivos no visibles en superficie, que pueden actuar como canales de transporte de fluidos subterráneos enriquecidos en elementos disueltos. Los elementos dominantes identificados son: Ti, Fe, Si, Al, Zn, Cu. También se encontraron de forma errática Cobalto (Co) y Plomo (Pb), lo cual puede representar a futuro un riesgo a la salud humana, y por lo tanto es vital identificar las fuentes locales y canales de movilidad potencial para no comprometer la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, que sirvan como fuentes de abastecimiento urbano. Esta información, puede ser empleada para generar programas de manejo integral en muchas de las zonas agrícolas de México, con problemas severos en la pérdida de fertilidad por aportación de elementos contaminantes naturales y antrópicos. Palabras clave: Fluorescencia de rayos X, aeromagnetismo, suelos cafetaleros.

CS-2

DETERMINACIÓN DE TEXTURA Y CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN SUELOS AGRÍCOLAS UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERFILAJE ELECTROMAGNÉTICO EN SAN FELIPE, GUANAJUATO

Díaz Martínez Carolina¹ y Delgado Rodríguez Omar²

¹Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY
cdiazm1502@alumno.ipn.mx

La sostenibilidad de la productividad agrícola depende de las propiedades y la buena calidad del suelo. Los métodos geofísicos se están convirtiendo en valiosas técnicas para las aplicaciones agrícolas, tener un mejor conocimiento de las propiedades del suelo es crucial para la selección óptima de los tipos de cultivo, riego y mejor fertilización. Este trabajo propone una metodología para la obtención de propiedades físicas de suelos con uso agrícola, que incluye la aplicación del método de perfilaje electromagnético como una técnica rápida y no invasiva al medio ambiente. En zonas de cultivo de San Felipe, Guanajuato fue aplicado este método para obtener mediciones de resistividad eléctrica del suelo, el cual se combinó con valores obtenidos de humedad y la salinidad del suelo como entrada experimental para el programa de Software PetroWin. Este programa utiliza el modelo teórico de Rytov para determinar el contenido de materiales finos y la porosidad. El estudio dio resultado a mapas de propiedades del suelo que concuerdan con los rendimientos

de los cultivos de cada parcela, dándole validez a la metodología propuesta como una herramienta eficaz y no invasiva. Los agrónomos, agricultores y la comunidad científica podrían beneficiarse de la adopción de estas técnicas para explorar el suelo y, en consecuencia, para el uso sostenible del agua de riego contribuyendo así con la agricultura de precisión.

CS-3

ANÁLISIS DEL USO DEL SUELO A PARTIR DE HERRAMIENTAS BIOGEOQUÍMICAS EN PALENQUE, CHIAPAS

Ibarra-Arzave Georgina y García-Oliva Felipe

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM

gigotes81@yahoo.com.mx

Los análisis geoarqueológicos además de identificar los procesos de uso y alteración de las geoformas, suelos y sedimentos; permiten asimilar las relaciones sociales, políticas, económicas y culturales que están presentes en la construcción de los territorios. En base a los datos arqueológicos, Palenque fue ocupada desde el periodo Preclásico superior, hacia el 100 a.C., siguió su ocupación durante el Clásico Temprano (300-600 d.C.), pero fue hasta el Clásico tardío (600-900 d.C.) cuando se erigió la compleja ciudad que hoy conocemos. Durante cerca de dos siglos permaneció el apogeo palenquense, en donde se construyeron los edificios más importantes, fue en esa época cuando la población alcanzó su máxima extensión. Para la construcción de esta urbe se usaron rellenos antrópicos que buscaban nivelar la zona disectada por los drenajes naturales, así como expandir el área constructiva junto a la canalización y abovedamiento de los ríos. Los perfiles edafosedimentarios estudiados han posibilitado diferenciar los procesos pedogenéticos previos, durante y posterior a la ocupación de Palenque, caracterizados por: condiciones estagnadas (fase pre); conformación de Technosoles (ocupación), y desarrollo de suelos réndzicos (posterior). El objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes paleosuelos con herramientas biogeoquímicas para caracterizar el manejo antrópico en el sitio de Palenque. Los resultados nos permitieron obtener una aproximación del posible grado de degradación del ecosistema.

CS-4

INDICADORES MICROMORFOLÓGICOS DE PROCESOS PEDOGÉNÉTICOS INICIALES EN LA FORMACIÓN DE TECHNOLES MINEROS

Díaz Ortega Jaime¹, Sedov Sergey², Cabadas Báez Héctor³, Romero Francisco² y López Erick¹

¹Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México

biotic78@yahoo.es

La rehabilitación de las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos es de suma importancia en zonas degradadas por actividades humanas, y siendo la minería una de estas actividades con uno de los impactos más reconocibles en el recurso suelo, pero al mismo tiempo por la naturaleza de los residuos que puede generar, es también una actividad que tiene un alto potencial para restaurar el ecosistema, utilizando sus propios residuos para formar suelos que no sólo tengan un papel como sustratos para el crecimiento de las plantas sino también como una barrera que previene o evita problemas asociados a los residuos mineros específicamente en la generación de drenaje ácido de mina o la acidificación de los suelos naturales. Es por ello que identificar de manera temprana los cambios micromorfológicos que se presentan los Technosoles de origen mineros es indispensable para conocer su potencial como material parental para la formación de suelos. En el presente estudio se lograron identificar rasgos micromorfológicos como formación de agregados, poros tubulares vesiculares, oxidación de minerales, desarrollo de patinas de temperismo, incorporación de residuos orgánicos y degradación de los mismos en Technosoles de las minas de Cananea Sonora, y Peña Colorada. Con ello fue posible evaluar las etapas iniciales en la formación de Technosoles mineros independientemente del ambiente de formación (pedogénesis) y del residuo minero del cual provengan. Al identificar estos indicadores micromorfológicos iniciales es posible evaluar y reconocer los materiales con el mayor potencial para la formación de suelos, revalorizando los residuos mineros y promoviendo una explotación

más sustentable de los recursos geológicos, además de que nos provee de una metodología sensible para evaluar las primeras etapas de desarrollo de un suelo.

CS-5

PEDOGÉNESIS SOBRE SEDIMENTOS LAHÁRICOS: INTERACCIÓN ENTRE PROCESOS GEOMÓRFICOS E IMPACTO HUMANO EN LA ZONA KÁRSTICA DE VERACRUZ

Solleiro Rebolledo Elizabeth, Cabadas-Báez Héctor y Sedov Sergey

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

solleiro@geologia.unam.mx

Los depósitos de lahar en la zona de Veracruz proporcionan condiciones favorables para el desarrollo de suelos con un alto grado de intemperismo. Adicionalmente, esta región ha sufrido el impacto humano desde época pre-hispánica, lo cual repercute en variaciones en la dirección de evolución pedogenética. Para entender la interacción entre los procesos geomorfológicos, la pedogénesis y el impacto humano (antiguo y reciente), realizamos un estudio de suelos sobre calizas de la Sierra Madre Oriental, sobre un relieve kárstico, cubierto por flujos laháricos procedentes del Pico de Orizaba. Se seleccionaron 7 perfiles en diferentes posiciones geomorfológicas y con diversos usos de suelo: un perfil natural al pie de una montaña de caliza, en donde la selva está mejor conservada; 3 perfiles de coloración “oscura” en parcelas cultivadas con caña de azúcar; 3 perfiles de color rojo, 2 de ellos actualmente no cultivados y 1 en una plantación de café. Se realizaron análisis micromorfológicos, de granulometría, susceptibilidad magnética, pH, conductividad eléctrica y mineralogía de arcilla, en todos los horizontes genéticos. Los resultados mostraron patrones micromorfológicos interesantes. El primero correspondiente a los suelos oscuros y parcialmente en el suelo natural, en donde se observó una composición heterogénea con partículas gruesas inmersas en material fino. Un segundo patrón se encontró en los suelos rojos, en donde se detectó un dominio de material arcilloso, de color rojizo. En todos los perfiles se encontró principalmente caolinita, excepto en el natural, el cual contuvo también esmectita. Consideramos que los patrones observados se deben a dos tipos de flujos laháricos que conformaron dos superficies geomórficas de diferente edad. Adicionalmente, los perfiles oscuros reflejan un impacto humano profundo, no solo en la actualidad (por el cultivo de caña de azúcar), sino en el pasado, de forma que el producto es similar a los perfiles de las Tierras Negras Amazónicas.

CS-6

EDAFOSEDIMENTOS EN LOS SISTEMAS KÁRSTICOS DE YUCATÁN

Rivera Uriá María Yazmin, Sedov Sergey, Díaz

Ortega Jaime, Salgado Hugo y López Martínez Rafael

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

petuza@gmail.com

La geología de la península de Yucatán conformada principalmente por calizas que se encuentran en una constante disolución formando el denominado paisaje kárstico el cual presenta relieves ondulados y depresiones con sistemas de cavernas promovidas por la karstificación que pueden desarrollar hundimientos y formar depresiones cerradas que dependiendo del grosor de las rocas estas pueden colapsar. En el caso de las superficies la disolución puede presentar puntos de conexión con las cavernas. Por lo que la dinámica kárstica puede promover sitios de depresión donde se acumulan suelos o sitios de erosión y posterior acumulación dentro en las cavernas. Este trabajo presenta resultados comparativos de los suelos de la selva y de edafosedimentos de las cavernas que forman parte de los sistemas kársticos dentro del transecto Playa del Carmen-Tulum a unos 20 km de la línea de la costa. Los tipos de suelos de la superficie que sostiene a la selva de la Península se pueden encontrar Leptosoles Réndzicos que se caracterizan por tener mucha materia orgánica y ser poco profundos y los Luvisoles Crómicos rellenando bolsas kársticas, suelos con alto contenido de arcillas. La Caverna Chun-Ya es un sistema que se encuentra inundado, sin embargo, tienen evidencia de varias etapas de edafosedimentos muy bien delimitadas que se encuentran actualmente debajo de la columna de agua. En este sitio se identificaron tres capas, la primera es de color grisáceo, el segundo de color negro de origen orgánico, granular y con abundantes restos de madera y la tercera es una capa con tonalidades rojizas. La deposición de estos sedimentos en la entrada de la caverna es consecuencia de una erosión de los suelos de la superficie de forma lateral. Las cavernas llamadas “8 Balas” y “Garra Jaguar” presentan múltiples entradas y ocasionalmente se localizan pequeños altares y en especial al interior de Garra Jaguar es muy frecuente encontrar fogones y pequeños carbones producto de quema, por lo que estas cavernas presentan evidencia de ocupación Maya. Por otro lado, dentro de estas dos cavernas, aproximadamente a 200 metros de las entradas presentan edafosedimentos rojizos con características de suelos tipo Luvisol, además de tener identificados horizontes A/B/C de muy poco espesor. El origen de estos edafosedimentos es consecuencia de la erosión de tipo vertical (“soil piping”) que se puede dar en la zona por las quedades producto de las disoluciones de la caliza, por lo mismo las raíces pueden tener conexiones desde la superficie y llegar a los edafosedimentos y agua de las cavernas. Por las evidencias encontradas se puede determinar que la erosión y movimiento de los suelos se pueden dar de forma natural dentro del sistema kárstico pero también se pueden acelerar dramáticamente debido

a actividades antiguas, en especial de la Maya que se sabe que pobló fuertemente la zona.

CS-7

CARACTERIZACIÓN DE LA MINERALOGÍA MAGNÉTICA Y LA MICROMORFOLOGÍA DE LOS SUELOS DE LA LAGUNA DE MAJAHUAL (LOS TUXTLAS, VERACRUZ) Y SU RELACIÓN CON LOS SEDIMENTOS LACUSTRES

Valera Fernández Daisy y Ortega Guerrero Beatriz

Instituto de Geofísica, UNAM

daisyvalera1988@gmail.com

Los procesos de intemperismo y diagénesis en los suelos de una cuenca suelen producir minerales secundarios, que pueden ser transportados a las cubetas lacustres como parte de la fracción detrítica. La ocurrencia de magnetita y maghemita en sedimentos lacustres, o la maghemitización de (Ti)-magnetitas, puede indicar actividad pedogénica e intemperismo en los sedimentos antes de su transporte a los lagos. En este estudio se analizaron tres perfiles de suelos a varias alturas en la cubeta lacustre de la Laguna de Majahual (MJ1, MJ2 y MJ3). Se realizaron análisis de mineralogía magnética y micromorfología que se complementaron con las características del color, la textura y la mineralogía. Los suelos de la parte superior (MJ1 y MJ2) están formados sobre todo por horizontes A y C que sugiere constantes procesos erosivos mientras que el perfil cercano a la superficie del lago (MJ3) si bien tiene un horizonte A profundo; muestra horizontes Bt bien desarrollados con estructura columnar y un patrón de color moteado en gris y rojo intenso. Las micromorfología de los A de MJ1 y MJ2 mostró abundantes fragmentos vegetales frescos y una estructura granular, mientras que en los horizontes Bt de MJ3 se identificó iluviación de arcillas y óxidos de Fe y Mn. La identificación de arcillas MJ1 y J2 arrojó la presencia de minerales del grupo de la caolinita como halosita mientras que en MJ3 tenemos presencia de hematita. En los suelos, en cuanto a su mineralogía magnética encontramos titanomagnetita (minerales detríticos suaves), magnetita (pedogénicos suaves) así como minerales maghemitizados, y hematita. Al comparar esta mineralogía magnética con la presente en los sedimentos se pudieron identificar la mayoría de los componentes de los suelos, menos aquellos de alta coercitividad o “duros” como la hematita y la goethita.

CS-8

DE LA FUENTE AL DEPÓSITO: CARACTERÍSTICAS DE LA MINERALOGÍA MAGNÉTICA EN SUELOS Y SEDIMENTOS LACUSTRES DE UNA CLIMOSECUENCIA EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO

Ortega Guerrero Beatriz¹, Valera Fernández Daisy¹,

García León Sandra² y Caballero Miranda Cecilia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

²Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología

bortega@igefisica.unam.mx

La importancia del estudio de los suelos y los sedimentos lacustres radica en que son sensibles a las condiciones bajo las que se desarrollan los primeros, y se acumulan los segundos. Por ello, ambos registros terrestres conservan la historia de los cambios ambientales y climáticos ocurridos en el pasado. Los procesos de intemperismo y diagénesis en los suelos de una cuenca suelen producir minerales secundarios, que pueden ser transportados a las cubetas lacustres como parte de la fracción detrítica. Por ello, es relevante estudiar las características de la mineralogía en las fuentes detríticas primarias como pueden ser los suelos y paleosuelos en la superficie de las cuencas, ya que permiten tener una mejor identificación de los controles fisicoquímicos de la producción detrítica, y sus modificaciones una vez acumulados en los lagos. Ello a su vez permite establecer la relación entre las alteraciones de la mineralogía en suelos y sedimentos lacustres, y las condiciones ambientales. Tanto en los suelos como en los sedimentos lacustres, las condiciones ambientales conllevan a la formación y transformación de minerales magnéticos. Por ello, una aproximación a la reconstrucción de estos cambios consiste en analizar las características de la mineralogía magnética (composición, tamaño, concentración), integrando la información que proporcionan indicadores independientes en ambos registros, como mineralógicos, texturales, sedimentológicos y geoquímicos. En este trabajo se aplican los métodos de Magnetismo Ambiental en suelos, paleosuelos y sedimentos lacustres ubicados en una climosecuencia dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano, para determinar las características de la mineralogía magnética que son más sensibles a cambios en las condiciones climáticas. Se analizaron sedimentos lacustres y los suelos asociados en las cuencas de Lago Verde (Los Tuxtlas, Ver.), Teremendo y Tacámbaro (Mich.). Las características de la mineralogía magnética se determinaron a través de varios parámetros (susceptibilidad magnética, remanencia anhisterética, remanencia isothermal, etc.). La identificación de las componentes individuales que contribuyen a la remanencia se realizó mediante el análisis de las distribuciones de coercitividades con el programa MaxUnmix. Tanto en los sedimentos lacustres como en los suelos, la componente magnética más abundante corresponde a la fracción detrítica compuesta por Ti-magnetitas con diferentes grados de oxidación (magnetización), seguida en abundancia por una componente pedogénica de baja coercitividad (magnetita), y en menor abundancia por una componente de alta coercitividad

(hematita). Únicamente los suelos de Lago Verde presentan consistentemente una componente de muy alta coercitividad (goethita). La identificación de componentes de origen bacteriano se limitó a algunos sitios de Teremendo.

CS-9

ESTUDIO DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS A TRAVÉS DE UN GRADIENTE DE HUMEDAD EN UN DESIERTO OLIGOTRÓFICO

Paniagua Vargas Atzintli y García-Oliva Felipe

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM
atzintli.paniagua@gmail.com

Algunos suelos en desiertos oligotróficos exhiben gran diversidad microbiana, tal es el caso del valle de Cuatro Ciénegas (VCC); esta diversidad depende, en gran medida, de la disponibilidad de agua. Este trabajo describe propiedades físicoquímicas y biogeoquímicas de suelo en un gradiente de humedad en el VCC. Para lo anterior, se extrajeron muestras de sedimento y suelo en 5 pozas distintas en Pozas Rojas (PR). Los sedimentos fueron extraídos de la zona anegada, con desarrollo de tapetes microbianos y otro con raíces remanentes. Mientras que las muestras de suelo exhibían distinta cobertura vegetal y se extrajeron a diferentes distancias de la zona anegada. Se realizaron determinaciones de humedad, acidez intercambiable, granulometría, difracción de rayos X, análisis de nutrientes totales (C, N y P) y aproximación cualitativa de composición de la materia orgánica (MO). Se encontró que los sedimentos exhiben mayor capacidad buffer y diversidad de grupos funcionales constituyentes de la MO, en comparación con los suelos. Esto debido a la presencia de comunidades microbianas altamente organizadas o rizosfera que favorece, en gran medida, mayores almacenes de nutrientes (C, N y P) y diversos productos metabólicos. No obstante, todas las formas de vida microbianas y vegetales, dependen de la disponibilidad de agua. Por lo que, la presencia de agua disponible en el suelo es determinante para favorecer la colonización de las distintas formas de vida, la cual define las propiedades de la matriz del suelo y la cantidad de nutrientes almacenados.

CS-10

ALMACENES DE CARBONO EN EL PARQUE ECOLÓGICO LA JOYA - LA BARRETA, QUERÉTARO

Rosas-Cipriano Arely¹, Torres-Gómez Mariano², Hernández-Bravo Jhoana Paola², Chiffert-García Gérard³, Varón-Ramírez Viviana Marcela⁴, Arroyo-Cruz Carlos Eduardo², Vázquez-Lule Alma^{3,4}, Villela Gaytán Sergio Armando⁵, Solís Sara² y Guevara Mario²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia

⁴Water and Carbon Solutions, Querétaro, México

⁵Universidad de Guadalajara

arely_rosas@ciencias.unam.mx

Los ecosistemas terrestres tienen la capacidad de almacenar y capturar el carbono (C) atmosférico, por lo que su conservación y manejo brindan oportunidades para la mitigación de gases de efecto invernadero. El objetivo es cuantificar el C almacenado en la biomasa aérea y en los suelos del Parque Ecológico La Joya - La Barreta. Este es un parque recreativo municipal perteneciente a la Zona Sujeta a Conservación Ecológica, conocida como Zona Occidental de Microcuencas en el estado de Querétaro, México. El clima dominante es templado subhúmedo, su extensión es de 247.91 ha, y se distinguen tres tipos de vegetación: bosques de encino, bosque tropical caducifolio y matorral crasicaule, siendo estos dos últimos los más predominantes. Se seleccionaron 100 sitios de muestreo, y se colectaron datos forestales (ej. diámetro a la altura del pecho, altura total, y el área basal de la vegetación) para la estimación de biomasa y C aéreo, así como muestras de suelo para medir la densidad aparente y el contenido de C orgánico en los primeros 30 cm de profundidad. Posteriormente, se estimó la biomasa aérea (BA) usando ecuaciones alométricas y los almacenes de C orgánico del suelo. Nuestros resultados muestran que en promedio el parque almacena en total 129.19 ± 64 Ton C ha⁻¹; en la vegetación aérea se encontró 8.38 ± 16 Ton C ha⁻¹, mientras que el suelo fue 120.82 ± 59.64 Ton C ha⁻¹. Los sitios con el mayor contenido de C, fueron aquellos dominados por encinares, la mayoría ubicados en pendientes mayores a los 35° de inclinación 21.46 ± 20.47 Ton C ha⁻¹ y 140.15 ± 72.0 Ton C ha⁻¹ para la vegetación y el suelo, respectivamente. Con este estudio se ha generado la línea base del C almacenado en ambos reservorios, el suelo y la vegetación aérea, dentro del parque. El conocimiento de los almacenes de carbono ayuda a identificar zonas prioritarias de conservación, así como también orientar futuros planes de reforestación y manejo del parque.

CS-11

ESTIMACIÓN DE UNA LÍNEA BASE DE LAS RESERVAS DE CARBONO ORGÁNICO EN LOS SUELOS Y EN LA VEGETACIÓN DEL PARQUE ECOLÓGICO JOYA LA BARRETA, QUERÉTARO, MÉXICO

Arroyo-Cruz Carlos Eduardo¹, Rosas-Cipriano Arely², Hernández-Bravo Jhoana Paola², Torres-Gómez Mariano¹, Vázquez-Lule Alma³, Villela Sergio¹, Solís Sara¹ y Guevara Mario¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia

carlos.arroyo@geociencias.unam.mx

El Carbono orgánico es una variable importante para el desarrollo de los ecosistemas terrestres. En la última década, la demanda de información sobre almacenes de C aumentó debido a la creación de una conciencia colectiva para la protección del medioambiente, y a la implementación de políticas públicas y mecanismos de mercado dirigidos a revertir la degradación de suelos. El acceso a los mercados verdes de capital es, sin duda, un interés permanente tanto para los organismos públicos como para el sector privado. Para poder acceder a estos mecanismos verdes de capital es indispensable la creación de metodologías robustas para la correcta cuantificación de los reservorios de C, tanto en la vegetación como en el suelo. El objetivo de este trabajo es desarrollar una propuesta metodológica para la cuantificación de reservorios de C orgánico en el parque ecológico Joya La Barreta en el municipio de Querétaro, México. El área de interés incluye un área natural protegida que integra 3 estratos de vegetación principales: áreas dominadas por pino y encino, áreas dominadas por pastizal inducido y áreas dominadas por matorral submontano. Los momentos de la metodología presentada son: a) obtención de insumos base y diseño de muestreo, b) colecta de datos en campo, c) análisis de muestras de suelo en laboratorio, d) cálculo de reservorios de C en vegetación y suelos, e) inferencia espacial y reporte de las estimaciones. Los estimados de C en cada sitio muestreado son escalados al área total del parque empleando un enfoque geoestadístico conocido como Regression-Kriging (RK). RK vincula los estimados de C y los residuales de las relaciones empíricas entre el C y un grupo de variables explicativas. La calidad de esta superficie se evalúa con criterios de información que ayudan a identificar el error o sesgo asociado al proceso de escalamiento. Esta estimación se realizó mediante la aplicación del proceso de validación cruzada. Para el caso del C en la vegetación, encontramos un sesgo o error promedio de -0.07 T C / ha. El sesgo o error promedio del escalamiento para el caso del C en suelos es relativamente mayor (-7.05 T C / ha). Estos resultados sugieren que el escalamiento tiende a subestimar ambos reservorios de C, en relación al valor estimado en los sitios de muestreo. Con la metodología presentada, fue estimado un presupuesto combinado de C en la vegetación y el suelo del área de estudio (247.86 ha) de 33994 T C existente en 2023. Estos resultados nos ayudan a considerar los posibles errores asociados a la cuantificación de reservas de C en áreas que no son muestreadas, inaccesibles o áreas que no pueden ser medidas debido a limitaciones logísticas. Esta línea base sirve para habilitar el mapeo, reporte y verificación eficiente de almacenes de C para una eficiente valoración de bonos o certificados de C en el área de interés. Un siguiente paso es identificar cambios de estos reservorios de C en el tiempo y habilitar un sistema eficiente de monitoreo durante el periodo crediticio del presente proyecto.

CS-13 CARTEL

RECONSTRUCCIÓN AMBIENTAL E IMPACTO HUMANO EN EL CENTRO DE XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO, DEL PRECLÁSICO AL RECIENTE

Avelar Carmona Ana Laura¹, Rivera Uriá Yazmín², Estrada-Ruiz Emilio¹, Becerra Amezcua Mara Abigail³ y Solleiro-Rebolledo Elizabeth²

¹Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

notocanalaura@gmail.com

Los estudios paleopedológicos permiten conocer los cambios del paisaje a través del tiempo, debido a procesos naturales o antrópicos. La micromorfología, el estudio de fitolitos y otros análisis de las características físicas del suelo, son herramientas idóneas para conocer estos procesos de cambio. En este trabajo se estudia el impacto antrópico de un contexto arqueológico al sur de la Cuenca de México en San Pedro Tlanáhuac, Xochimilco, CDMX, resultado de un salvamento arqueológico, a través de la micromorfología y el análisis de fitolitos. Dicho contexto corresponde con una vivienda, la cual ha tenido la misma disposición espacial, desde el Posclásico hasta la actualidad. Para determinar el grado de perturbación antrópica, los resultados se compararon con un perfil dentro del Bosque de Nativitas, Xaltocan, Xochimilco, que representa un sitio con menor grado de alteración. En ambos casos, se identificaron los horizontes edafogénicos y las capas de material arqueológico, tomando muestras de cada una, tanto alteradas (para los análisis de fitolitos) como inalteradas, para micromorfología. De acuerdo con los análisis, se observó una mayor diversidad de fitolitos en las capas del salvamento de San Pedro Tlanáhuac. Se identificaron fitolitos de calabaza (Cucurbitaceae), maíz (Zea mays), Poaceae (pastos), Arecaceae (palmas), Cyperaceae (juncos) y fitolitos de coníferas. En el análisis micromorfológico se observaron fragmentos de hueso, calabaza, micrita, fragmentos de cerámica, carbón de pino (Pinus) y encino (Quercus). La

matriz de suelo presenta fragmentos de sedimentos limosos microlaminados, y otros redondeados ricos en diatomeas y fitolitos, sugiriendo que se extrajeron del fondo del lago para ganar terreno al agua, formando un tlitel, característico del área xochimilca y de otras poblaciones a la orilla de los que fueran los lagos de la Cuenca de México. El perfil del Bosque de Nativitas mostró una predominancia de fitolitos acuáticos de la familia Cyperaceae, incluyendo el género Schoenoplectus (junco), existiendo también fitolitos de coníferas y pastos, reflejando un ambiente lacustre de aguas someras, más natural. En el perfil del Bosque de Nativitas se reconocieron cuatro paleosuelos, identificándose dos inundaciones, posiblemente reportadas en el registro histórico. Con fechamientos de 14C fue posible establecer una correlación estratigráfica, entre los perfiles del salvamento arqueológico y el del Bosque de Nativitas.

CS-14 CARTEL

OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE INFILTRACIÓN EN SUELOS: AUTOMATIZACIÓN DE INFILTRÓMETROS DE ANILLO SIMPLE Y DOBLE PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO DE LA CDMX

Villarnobo González Katia Michelle¹, Ramírez Bermudez Luis Alberto¹, Cruz López Donaji Xóchitl¹, Angeles Uribe Fernando¹, Vázquez Velázquez Valente¹ y López López Ricardo¹

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Astronomía

km.villarnobo@ciencias.unam.mx

El estudio de la infiltración del suelo es de suma importancia para comprender y gestionar los recursos hídricos de manera sostenible, predecir y mitigar inundaciones, preservar la calidad del agua y asegurar un amplio suministro de agua para satisfacer tanto las demandas humanas como las ecológicas. Uno de los métodos más populares para medir la infiltración se basa en el uso de infiltrómetros de anillo doble o simple. Sin embargo, las lecturas de estas mediciones se realizan manualmente y frecuentemente de manera burda, lo que resulta en una baja precisión y un proceso tedioso y lento. En este trabajo se presenta un análisis comparativo en las mediciones de la tasa de infiltración utilizando el método tradicional de toma de datos para el infiltrómetro de doble anillo y el sistema automatizado propuesto en este trabajo, para poder garantizar su eficacia se realizaron las mediciones de la tasa de infiltración en distintos tipos de suelos seleccionados de la Ciudad de México. El infiltrómetro automatizado ha permitido adquirir datos más frecuentes, con una precisión de 0.5 mm. Esta innovación no solo reduce considerablemente el esfuerzo necesario para llevar a cabo esta tarea crucial, sino que también mejora sustancialmente la eficiencia general del proceso. Además, al minimizar el personal requerido y reducir el esfuerzo invertido en la adquisición y registro de datos, este sistema representa una solución innovadora para las investigaciones en ciencias del suelo e hidrología.

CS-15 CARTEL

DISEÑO DE UN TENSIÓMETRO DE BAJO COSTO PARA MEDIR LA TENSIÓN DEL AGUA EN EL SUELO Y SU IMPLEMENTACIÓN PARA OPTIMIZAR EL USO DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO EN CIUDAD UNIVERSITARIA

Villarnobo González Katia Michelle¹, Angeles Uribe Fernando², Ramírez Bermudez Luis Alberto¹, Cruz López Donaji Xóchitl¹, López López Ricardo¹ y Vázquez Velázquez Valente¹

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Astronomía

km.villarnobo@ciencias.unam.mx

El adecuado desarrollo de las plantas se halla intrínsecamente ligada al contenido adecuado de agua en el suelo. Mantener niveles hídricos óptimos resulta crucial para prevenir el estrés hídrico en las plantas. En este contexto, la evaluación de la tensión del agua en el suelo emerge como una herramienta esencial. Para llevar a cabo esta medición, se emplea un dispositivo conocido como tensiómetro. Este instrumento indica si el agua está disponible o no para las plantas ya que si la tensión del agua es muy fuerte las plantas no podrán aprovecharla, este tipo de estudios puede reducir el consumo de agua destinada al riego. Sin embargo, uno de los principales desafíos es el elevado coste asociado a los equipos de laboratorio necesarios para su realización. En Ciudad Universitaria, las áreas verdes ocupan 154 hectáreas, anualmente se utilizan 11 millones 579 mil 700 litros de la cual el 79% se riega con agua potable. En este trabajo se describe el diseño y desarrollo de un tensiómetro para suelos de uso en laboratorio utilizado con el fin de realizar un análisis de tensiones del agua en suelo dentro de diferentes puntos de Ciudad Universitaria. Las ventajas de contar con un tensiómetro de bajo costo son numerosas ya que simplifica el registro de datos y optimiza los tiempos de trabajo del laboratorio, además de que ofrece la capacidad de analizar un mayor número de muestras a menor costo, lo que permite eficientar el trabajo en el laboratorio. En la sección de resultados obtenidos se muestran las curvas de conductividad hidráulica de cada sitio de muestreo y se hace una propuesta del momento adecuado para realizar el riego con el fin de fomentar un uso responsable del agua en las áreas verdes, contribuyendo a la conservación y sostenibilidad del recurso hídrico. El desarrollo de este tensiómetro fue llevado a cabo en el taller control y electrónica de la Facultad de Ciencias, UNAM.

CS-16 CARTEL

REMOCIÓN DE IBUPROFENO A TRAVÉS DE PROCESOS FÍSICOQUÍMICOS

Gómez Lobatón Atala¹, Meléndez López Adriana², Cruz Castañeda Jorge Armando³, Negrón Mendoza Alicia³, Remos Bernal Sergio³ y Heredia Barbero Alejandro³

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

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

atalagomezlobaton@ciencias.unam.mx

El uso extendido de productos farmacéuticos ha traído consigo una problemática ambiental importante, pues su inevitable liberación al ambiente a través de diversas fuentes ha provocado un foco de contaminación relevante que debe ser tratado debido al riesgo que supone a la salud y al entorno natural en el que nos desenvolvemos (Kraemer et al., 2019). Este proyecto se enfoca en el desarrollo de procesos de adsorción-desorción (procesos de superficie) que permiten remover fármacos del suelo y de medios acuosos, en este caso particular, el ibuprofeno. Los procesos de adsorción-desorción se llevan a cabo utilizando una arcilla natural rica en sodio, montmorillonita de sodio (Na-Mnt), ya que debido a sus propiedades fisicoquímicas puede favorecer estos procesos. Las interacciones que se dan entre la Na-Mnt y el ibuprofeno permiten remover del medio el fármaco, ya sea a través de interacciones débiles (fisisorción) o a través de interacciones más energéticas (quimisorción), siendo este un tema de interés del presente trabajo. El trabajo experimental consiste en promover la interacción entre la Na-Mnt y el ibuprofeno a diferentes condiciones fisicoquímicas (tiempo de agitación, pH, presencia y ausencia de oxígeno, etc.) y mediante el uso de técnicas espectroscópicas (ultravioleta, infrarrojo, raman, etc.) y cromatográficas (cromatografía de líquidos acoplada a detectores de ultravioleta y de masas) se determina el porcentaje de adsorción y el posible sitio de interacción. Por otro lado, los experimentos de desorción, los cuales nos ayudan a comprender el tipo de interacción entre la arcilla y el fármaco, se llevan a cabo utilizando cambios de pH (hidróxido de potasio, pH 10) y procesos radiolíticos (Gammabeam 651PT, ICN, UNAM), procesos que incluso favorecen la degradación del fármaco. Este proyecto aún se encuentra en las primeras fases experimentales de los procesos de adsorción-desorción, sin embargo, con los resultados finales se pretende aportar con un método alternativo que permita la remoción y la degradación de este y otros contaminantes emergentes. Agradecimientos al Proyecto PAPIIT IN114122 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, D. Marín-Lámbarrí, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias Kraemer, S. A., Ramachandran, A., & Perron, G. G. (2019). Antibiotic Pollution in the Environment: From Microbial Ecology to Public Policy. *Microorganisms*, 7(6), 180. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7060180>

CS-17 CARTEL

ADSORCIÓN DE AZUL DE METILENO EN NA+ Y FE2+-MONTMORILLONITA: UN MÉTODO PARA LA REMOCIÓN DE COLORANTES

Herrera Chimal Paola Margarita¹, Meléndez López Adriana Leticia², Cruz Castañeda Jorge², Negrón Mendoza Alicia², Ramos Bernal Sergio² y Heredia Barbero Alejandro²

¹Facultad de Química

²Instituto de Ciencias Nucleares

paola.herrera@correo.nucleares.unam.mx

La industria textil es una de las que más agua consume, entre 80 a 150 litros por cada kilogramo de tela procesada, sin omitir que puede existir una variación con la naturaleza del material o de las fibras que está diseñada (algodón, lana, nylon, poliéster, entre otras). Además, es una de la que más aguas residuales produce dada la gran cantidad de reactivos que aplica en las etapas de su proceso, siendo mayoritariamente no biodegradables y persistentes en el medio. Los tintes se consideran los elementos más contaminantes ya que suponen un gran impacto para el medio ambiente: reducen el oxígeno de los cuerpos de agua por el bloqueo de la luz provocando condiciones sépticas, además de que son agentes mutagénicos y carcinógenos para los animales y humanos, y tóxicos para las plantas ya que inhiben la fotosíntesis (Castanares, 2021). El azul de metileno es un colorante azoico que es empleado tanto en la industria textil como en la alimentaria, es un compuesto que se vierte sin tratamiento previo a las aguas residuales, generando un fuerte impacto ambiental (Ramos Garzón et al., 2017). Los procesos de superficie son considerados como procesos de remoción de contaminantes en diferentes ambientes, por lo que en este estudio se están llevando a cabo procesos de adsorción de azul de metileno con arcillas naturales ricas en sodio y hierro (Na+-montmorillonita y Fe2+-montmorillonita) bajo diferentes condiciones fisicoquímicas (pH, tiempo de interacción, etc.). Las arcillas son minerales presentes en diferentes ambientes, por ejemplo, suelos y sedimentos, tienen muchas propiedades fisicoquímicas que les permite ser candidatas idóneas para la remoción de contaminantes. El análisis de la remoción del azul de metileno utilizando arcillas se llevó a cabo a través del análisis espectroscópico, cromatográfico y termogravimétrico. Los resultados obtenidos hasta este momento sugieren que el uso de la arcilla rica en hierro es más eficiente en la remoción de contaminantes, sin embargo, más estudios necesitan ser implementados. Agradecimientos al Proyecto PAPIIT IN114122 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, D. Marín-Lámbarrí, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez.

CS-19 CARTEL

PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS CON RELEVANCIA EN REMEDIACIÓN DE SUELOS

Meléndez López Adriana Leticia¹, Cruz Castañeda Jorge Armando², Negrón Mendoza Alicia², Ramos Bernal Sergio² y Heredia Barbero Alejandro²

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

adriana.melendez@encit.unam.mx

El suelo, el motor biogeoquímico del sistema terrestre, es un recurso natural dinámico que se compone de varios gases, minerales, sales, componentes orgánicos-inorgánicos y organismos vivos (Valentín et al., 2013). La rápida industrialización y urbanización desorganizada, junto con la continua entrada y exposición a entidades químicas hacen que el ecosistema del suelo, no sea habitable, es decir, un suelo contaminado. En los últimos años, se han desarrollado una serie de enfoques in situ y ex situ para la remediación del suelo para reparar, rehabilitar o eliminar el suelo contaminado con elementos tóxicos no deseados, por ejemplo, los producidos por la industria, como las nuevas formulaciones de pesticidas, medicamentos, colorantes, productos para el cuidado personal y nanomateriales (Khan et al., 2021). La implementación de estrategias de remediación depende del tipo y de la extensión de la contaminación. Procesos físicos, químicos y biológicos son los que deben ser considerados en esta área de estudio, en la cual se requiere una visión multi, trans e interdisciplinaria que permita dar solución a una problemática global haciendo uso de herramientas teórico-experimentales. Este trabajo experimental contempla procesos físicos y químicos para la remoción y/o degradación de contaminantes. Se utilizan diferentes superficies sólidas (arcillas y óxidos, preferentemente), diferentes contaminantes (colorantes, fármacos, etc.) y con ellos se ponen en prueba diferentes procesos: procesos de superficie (adsorción-desorción), procesos químicos (oxidación avanzada) y procesos radiolíticos (Gammabeam 651 PT, ICN, UNAM). Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que la mayor eficiencia en la remoción y degradación de los contaminantes se obtiene cuando se llevan de manera conjunta los procesos propuestos, sin embargo, más estudios deben ser implementados. Agradecimientos al Proyecto PAPIIT IN114122 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, D. Marín-Lámbarrí, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias 1. Khan, S., Naushad, M., Lima, E.C., Zhang, S., Shaheen, S.M., Rinklebe, J., 2021. Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies – A review. *J. Hazard. Mater.* 417, 126039. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.126039> 2. Valentín, L., Nousiainen, A., Mikkonen, A., 2013. Introduction to Organic Contaminants in Soil: Concepts and Risks. *Handb. Environ. Chem.* 24, 1–29. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2082-2_208/TABLES/2

CS-20 CARTEL

LOS OJOS EN EL CIELO SOBRE EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO: SÍNTESIS DE UN PRODUCTO NOVEDOSO

Castelblanco Rivera Luis Felipe y Guevara Santamaría Mario Antonio

Centro de Geociencias, UNAM

lcastelblanco@geociencias.unam.mx

La percepción remota satelital desempeña un papel crucial en el estudio y monitoreo del carbono orgánico del suelo a escala regional y global. Permite obtener datos y observaciones valiosas de manera eficiente y a gran escala, lo que complementa la información obtenida mediante métodos de muestreo terrestre tradicionales. Los satélites equipados con sensores especializados pueden realizar mediciones precisas de la vegetación, la cobertura del suelo, contenido de humedad y la reflectancia espectral. Estos datos se utilizan para mapear y monitorear los cambios en la distribución de la vegetación y la cantidad de biomasa, lo que está directamente relacionado con la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo. El producto SMAP L4_C de la NASA estima un presupuesto global y diario de carbono terrestre superficial (aproximadamente 0-5 cm de profundidad). Se basa en información diaria de humedad superficial de la zona radicular del suelo del producto de Humedad del Suelo de Nivel 4 de SMAP (L4_SM), así como en la cobertura terrestre del Espectroradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS), la radiación fotosintéticamente activa fraccional del dosel (fPAR) del Conjunto de Radiómetros de Imágenes Infrarrojas Visibles (VIIRS) y otros datos biofísicos auxiliares. Este producto es validado y calibrado con los resultados de otras misiones, mediciones de torres Eddy Covariance, registros globales de inventarios de carbono del suelo y reportes de literatura recientes. Por otra parte, como uno de los factores que influyen en el almacenamiento de carbono orgánico, se tiene la cobertura vegetal de bosque que desempeña un papel esencial en los ciclos biológicos, la formación y mantenimiento del suelo, así como en la regulación del ciclo hidrológico y de nutrientes. Mediante la información de cobertura vegetal de México de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación y los contenidos diarios de carbono orgánico superficial se obtuvieron contenidos promedio para el 2022 de 2494.9 g C m⁻² a nivel nacional, 2591.4 g C m⁻² en bosque y 2445 g C m⁻² en las zonas de no bosque. A nivel nacional se reporta un total de 3961.1 Tg C m⁻², de los cuales el 35.6% está almacenado en los bosques. La serie de tiempo diaria muestra contenidos promedios nacionales estables con un pequeño incremento alrededor de la mitad del año y una desviación estándar de cerca del 30% del

contenido promedio lo que revela gran variabilidad dentro del territorio nacional. El conocimiento de la distribución espacial y temporal del carbono orgánico del suelo nos permite comprender mejor los procesos que lo regulan, el impacto de la transformación del paisaje por la actividad humana y así mejorar las estrategias para un manejo sostenible de los recursos y la mitigación de los efectos del cambio climático.

Sesión regular

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA

Organizadores

Erika Danaé López Espinoza
Luis Felipe Pineda Martínez
Guillermo Montero Martínez
José Francisco León Cruz

CCA-2

MODELACIÓN NUMÉRICA DE TROMBAS MARINAS: CASO COATZACOALCOS, VER.

Monterde Daniela¹, Carbajal Noel¹, Pineda Martínez Luis F.² y León Cruz José Francisco³¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICT²Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
danyomogu@gmail.com

Numerosos eventos de trombas marinas (denominados waterspouts en inglés) tienen y han tenido lugar en aguas mexicanas. Para el periodo de 2010-2022 se reportaron un total de 104 trombas marinas. Con datos de reanálisis ERA 5 se construyó el nomograma de Szilagyi. Con este análisis se realizó la clasificación de las trombas marinas de acuerdo a su origen. Un caso relevante que permitió observar su gran fortaleza, fue el ocurrido el 08 de agosto del 2019 en Coatzacoalcos, Ver. La tromba marina se observó a temprana hora sobre el río Coatzacoalcos, introduciéndose posteriormente al malecón de la ciudad. Este evento fue modelado numéricamente aplicando el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) a una resolución de 250 metros validadas con las estaciones meteorológicas de la CONAGUA más cercanas al lugar. Fue posible reproducir la perturbación ciclónica de la tromba marina. Los resultados indican la inestabilidad que originó la tromba marina. A través de una perturbación ciclónica (misociclón) se estima la ubicación del tornado. Además, se analiza el comportamiento de variables meteorológicas como la temperatura, humedad, viento, entre otras, durante el evento.

CCA-3

GENERACIÓN DE MÁXIMOS DE CONVERGENCIA POR LA INTERACCIÓN DE CIRCULACIONES LOCALES Y EL FLUJO SINÓPTICO EN EL VALLE DE MÉXICO

Aquino-Martínez Lourdes Paola¹, Ortega Guerrero Beatriz¹, Quintanar Arturo², Ochoa-Moya Carlos², Díaz-Esteban Yanet³ y Canet Miquel Carles³¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM³Heinrich-Böll-Stiftung

lourdesaquino@encit.unam.mx

En el Valle de México se producen circulaciones locales forzadas térmicamente como los vientos de montaña (vientos en brechas, los de ladera, la interacción del valle con la meseta) y por isla de calor (UHI), debido a la formación orográfica particular de la región y el decrecimiento de cobertura natural generado por el crecimiento urbano. Estos fenómenos de mesoescala se ven fuertemente modulados por condiciones de escala sinóptica. Con un análisis clúster de los vientos de 500 hPa durante el periodo de 1990 a 2019, se identifican un conjunto de patrones climáticos que se utilizan para explorar los máximos de convergencia y la dinámica de las circulaciones. Con experimentos numéricos para cada clúster con el modelo WRF forzados con ERA5 se muestra la dinámica e intensidad de las circulaciones. Los resultados muestran que la intensificación de las zonas de convergencia se presentan cuando un sistema alta presión se encuentra centrado sobre el valle de México. Esta condición sinóptica propicia escasa nubosidad, mayor radiación solar, vientos superficiales más débiles y una inversión térmica matutina más fuerte que persiste más tarde de lo normal. Un análisis de la ecuación de tendencia de la presión muestra que previo a la formación de máximos de convergencia, se establecen fuertes gradientes horizontales de presión en toda la meseta lo que produce una fuerte advección al centro del valle, posteriormente la fuerza del gradiente de presión se debilita y compensa con el movimiento de ascenso en la vertical. Las circulaciones en la brecha sur del valle y los vientos valle-meseta al norte del valle conducen los máximos de convergencia más que los vientos de ladera en la Sierra del Ajusco.

CCA-4

ANÁLISIS DE ÍNDICES DE INESTABILIDAD PARA EL PRONÓSTICO DE TORMENTAS ELÉCTRICAS EN MÉXICO

León Cruz José Francisco

Instituto de Geografía, UNAM

jleon@geografia.unam.mx

Las tormentas eléctricas son una de las manifestaciones más comunes del tiempo severo. En México, estos fenómenos naturales se desarrollan principalmente durante el verano y principios del otoño, entre las 12:00 y 00:00 hora local. Estudios previos han identificado que, en México, las tormentas eléctricas se generan en entornos ambientales caracterizados por una inestabilidad moderada (es decir, CAPE ~1,500 J/Kg) y cizalladura marginal (es decir, SHEAR 0-6 km <10 m/s). No obstante, existen diferencias espaciales y temporales significativas de dichos entornos, mismas que se han asociado a las características del terreno, la altitud, la continentalidad, así como a los mecanismos disparadores asociados a sistemas como frentes fríos y ondas o ciclones tropicales. En este contexto, en la presente investigación se utilizó un conjunto de datos que comprende más de 25,000 casos de tormentas eléctricas en 50 observatorios meteorológicos de México durante el periodo 1981-2018. Dicho conjunto de datos se utilizó para analizar el rendimiento de cinco índices de inestabilidad enfocados al pronóstico de dichos fenómenos naturales: el K Index, el Total of Totals Index, el Lifted Index, el SWEAT Index y el Gálvez-Davison Index. Para esto, se generaron más de 25,000 sondeos de proximidad utilizando los datos de reanálisis de ERA5, mismos que se utilizaron como datos de entrada en un script que se generó para calcular los índices previamente mencionados. Los resultados muestran un rendimiento diferenciado por condiciones estáticas como la altitud, así como cambios marcados por la estacionalidad. En términos generales, el Gálvez-Davison Index y el K Index muestran un rendimiento superior al resto de los índices de inestabilidad evaluados. Los valores de sesgo utilizados para dichos índices funcionan de manera diferencial para el periodo húmedo y seco del país. Los resultados obtenidos pueden ser empleados para sugerir modificaciones a los índices de pronóstico de tormentas eléctricas y generar mejoras en el pronóstico de dichos fenómenos naturales en el país.

CCA-5

IMPACTO DE LA INTERACCIÓN DE EL NIÑO Y LA OSCILACIÓN DEL ÁRTICO EN LA PRODUCCIÓN DE POLEN EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia y Martínez López Benjamín

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

mclce@atmosfera.unam.mx

La variabilidad de la temperatura en superficie es un factor crucial que controla los cambios en la fenología de la floración y por lo tanto de la carga polínica. Se considera que el aumento de la temperatura podría perturbar la biología del polen alérgico en todo el hemisferio norte. Por ejemplo, se ha documentado que puede existir una relación entre el incremento de la temperatura y el aumento en las concentraciones de polen, así como en cambios generalizados del inicio y la duración de la estación polínica. Además de la temperatura, la disponibilidad de agua regula en gran medida la producción vegetal y, por lo tanto, la variabilidad de la lluvia está inherentemente relacionada con la intensidad de la floración, con las concentraciones de polen, así como con el inicio, la duración y la intensidad de la estación polínica. Entender cómo está respondiendo el polen a los cambios de temperatura y precipitación podría tener implicaciones importantes para la salud humana. Por ejemplo, estudios recientes han destacado que se están presentando cambios en las fechas de inicio de las temporadas de polen de primavera relacionadas con el cambio climático, incrementándose así el riesgo de enfermedades respiratorias alérgicas en latitudes medias del Hemisferio Norte. Lo limitado de los registros de polen en México, sin embargo, dificulta estimar cambios en la cantidad de polen en el largo plazo o en su distribución a lo largo

del año. En este trabajo analizamos las tendencias de cobertura vegetal para todo el periodo disponible (2002-2022), determinando los lugares del centro de México que muestran incrementos o decrementos de este parámetro. Contrastamos estas tendencias de la cobertura vegetal con los datos de cantidad de polen disponibles para la Ciudad de México, identificando los máximos relativos y el máximo absoluto para varios tipos polínicos. Es notorio que en el año 2010, la concentración de polen muestra su valor máximo. En un trabajo previo sugerimos que estos valores máximos podrían estar relacionados con la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) 2009-2010. Aquí, extendemos ese estudio y notamos que el invierno 2009/2010 se caracterizó por condiciones extremas de frío y precipitaciones en grandes regiones del Hemisferio Norte, incluida la CDMX. Estas condiciones atípicas, están relacionadas con el evento negativo más extremo registrado de la Oscilación del Ártico (OA). Nuestros resultados ilustran los impactos de dos patrones de variabilidad climática, ENOS y la OA, en la producción de polen en la Ciudad de México. Mostramos que un Niño moderado y un evento extremo negativo de la OA, resultaron en condiciones muy frías y húmedas en el centro de México durante el invierno de 2009-2010, condiciones que podrían haber favorecido la producción máxima de polen.

CCA-6

ESTUDIO DE LAS VARIACIONES EN LA MICROFÍSICA DE LA PRECIPITACIÓN DURANTE PERÍODOS DE VIENTO INTENSO

Miranda Sánchez Narda Isabella¹, Azpra Romero Enrique²,
Montero Martínez Guillermo² y García García Fernando²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
nardamiranda@ciencias.unam.mx

La velocidad de caída de una gota (vg) se define como aquella a la que esta cae en el aire. Por otro lado, la velocidad terminal (vt) se alcanza cuando las fuerzas de gravedad y de arrastre se igualan durante la caída de una gota de lluvia en la atmósfera. En este estudio se examinan las variaciones de la velocidad de caída en función de la intensidad del viento (horizontal) durante eventos de precipitación. El objetivo es comprender cómo el viento influye en las características de las gotas de lluvia, su tamaño, distribución y comportamiento, así como las posibles implicaciones en la precipitación. Además, se intenta determinar si la interacción del viento tiene un impacto en la vg. Los datos microfísicos fueron obtenidos con el Sensor de visibilidad y tiempo presente (PWS100) instalado en la estación de Chamela, Jalisco, de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), que se encuentra a 200 m sobre el nivel del mar. Para el análisis se usaron los datos de viento y del pluviómetro (TR-525M) registrados por la estación meteorológica instalada en el sitio de muestreo. El periodo de estudio comprende los años de 2017, 2018 y 2019. La validación de los datos del PWS100 se realizó comparando las estimaciones de agua acumulada con los registros del TR-525M e indica un desempeño óptimo del disdrómetro. Los resultados muestran una mayor desviación de vg con respecto a vt a diferentes rangos de intensidad de viento durante el mismo periodo de medición (evento).

CCA-7

EVALUACIÓN DE LOS DATOS MICROFÍSICOS DE TORMENTAS EN EL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO DE ALTZOMONI

Noreña Jaubert Lakshmi Priya¹, Montero Martínez Guillermo² y García García Fernando²

¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
lakshmi@ciencias.unam.mx

La precipitación pluvial se compone por hidrometeoros que se forman en la atmósfera (en estado líquido, sólido o una combinación de ambos) cuyo tamaño sea lo suficientemente grande como para caer debido a la gravedad. La clasificación de los hidrometeoros deriva en precipitación líquida (la llovizna y la lluvia), sólida (nieve, granizo), y mixta (como la aguanieve que está compuesta de partículas sólidas y agua sobre-enfriada). En Altzomoni (Estado de México) suelen ocurrir eventos de precipitación sólida como nieve y granizo. Este trabajo presenta los resultados del análisis de los datos obtenidos en el Observatorio Atmosférico Altzomoni con un disdrómetro PSW100 y un pluviómetro TR-525M – construidos por las empresas Campbell, Sci. y Texas Electronics, respectivamente – correlacionados con la información meteorológica del sitio de muestreo. La plataforma de muestreo pertenece a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos de la UNAM y se encuentra ubicada en el parque nacional Izta-Popo a una altitud de 3985 m. El periodo analizado comprende de octubre de 2014 a mayo de 2015. El objetivo del estudio es validar el funcionamiento del disdrómetro en la clasificación de los hidrometeoros en función sus características microfísicas de tamaño y velocidad de caída. Además, también se pretende comprender si es posible distinguir con los datos obtenidos del PWS100 si en un evento de precipitación hay presencia únicamente de agua líquida o si también hay agua en estado sólido (granizo o nieve). La metodología incluye diversas pruebas estadísticas de los parámetros de diámetro y la velocidad de caída de las partículas detectadas para su clasificación en función del estado físico (fase) de los mismos y con las condiciones de densidad y temperatura del ambiente. Los resultados preliminares indican que las observaciones de velocidad de caída de algunos eventos corresponden a las

estimaciones de velocidad terminal realizadas con ecuaciones teóricas modificadas con un factor que relaciona las variaciones de densidad del aire. Estos resultados indican que la metodología de trabajo es prometedora para conseguir los objetivos planteados.

CCA-8

CONTRASTES DINÁMICOS Y TERMODINÁMICOS DE LA CIRCULACIÓN MONZÓNICA DEL HEMISFERIO NORTE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Reyes Hernández Mariana y Quintanar Isaías Ignacio Arturo

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

mar_909@hotmail.es

Los impactos del incremento abrupto en la temperatura en el periodo instrumental (1950-2020), han sido punto de partida de muchas investigaciones, por las modificaciones dinámicas y termodinámicas que se espera pueden causar en la circulación global de la atmósfera de nuestro planeta. En este estudio se examinan los balances de energía estática húmeda y el ciclo hidrológico, sobre el monzón de Norte América, de África y de Asia. Se determinan las diferencias en intensidad del monzón, la posición del jet subtropical y los flujos meridionales de momento y calor de los eddies baroclinicos. Para ello se utilizan datos del reanalysis de ERA5 para construir un ensamble de la circulación monzónica para dos periodos (1950-1970 y 2000-2020) para los que existe una diferencia significativa en las concentraciones de CO2

CCA-9

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS OSCILACIONES DE GRAN ESCALA QUE INCIDEN EN LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN MÉXICO

Zarraluqui Víctor y Adams David

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

vzs1@atmosfera.unam.mx

La alta variabilidad de la precipitación en el país se traduce frecuentemente en años muy secos o lo opuesto, de abundantes precipitaciones que provocan inundaciones afectando diversos ámbitos que van desde lo social pasando por el agrícola hasta el económico. Un problema multifactorial que está dado principalmente por su ubicación geográfica que conlleva a que diversos fenómenos meteorológicos se presenten cada año en conjunto con una orografía muy compleja. Dos patrones de circulación de interés de este estudio que afectan el clima de México son el Monzón de Norteamérica (NAM) y la Zona intertropical de convergencia (ITCZ). Su variabilidad en términos de precipitación, su intensidad y su evolución temporal se investiga con respecto a fase de la Oscilación del Sur (ENSO). En este trabajo se analiza el comportamiento y evolución de las fases de ENSO a través de los datos de precipitación diaria y mensual obtenidos de las plataformas satelitales TRMM y GPM, el índice ONI (para ENSO), la posición de la ITCZ, el número de eventos convectivos significativos en las diferentes regiones para los años más secos y más húmedos del periodo 2000-2020. El estudio se llevó a cabo utilizando los productos 3B42 y 3B43 (TRMM y su equivalente en GPM) los cuales permiten trabajar en una malla con una resolución de 0.1 grados con la que se generó una climatología anual y mensual para el periodo, determinación de anomalías. Se logró regionalizar la posible influencia de la fase ENSO en el NAM y la ITCZ y comparamos nuestros resultados con la literatura especializada. Dentro de los casos estudiados, uno que destaca es el año de 2015 en el que a pesar de registrarse menor precipitación del promedio en los meses de mayor precipitación en el área (julio, agosto y septiembre) al final es el cuarto con mayor precipitación en el año del periodo seleccionado. Donde ENSO se mantiene en fase "Niño" todo el año, la ITCZ se encuentra más al sur y por tanto el transporte de humedad en las regiones de influencia es menor. Y por otra parte la precipitación en el caso de la región del Monzón estuvo arriba del promedio. Por último, es importante apuntar que falta incorporar al estudio otras variables como el viento a diferentes niveles, la radiación de onda larga, sistemas, la sequía de medio verano, etc., y que son parte del trabajo futuro.

CCA-11

CARACTERIZACIÓN DE LOS NÚCLEOS DE HIELO DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS EN EL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y ALTZOMONI

Negrete Harper Emma, Ladino Luis Antonio, Binimelis de Raga Graciela, García Rocio y Pichardo Jaqueline

UNAM

emmanegrete23@gmail.com

Es bien sabido que la formación de nubes y, por ende, la formación de precipitación, involucran la presencia de partículas de aerosol. Dado que la presencia de hielo dentro de las nubes es esencial para el desarrollo de precipitación y la formación de granizo [1], es de vital importancia caracterizar las partículas de aerosol que actúan como núcleos de hielo (INPs), así como su variabilidad espacio-temporal [2]. Si bien algunos estudios recientes han reportado variabilidad de los INPs en la Ciudad de México (CDMX) y Altzomoni (Estado de México) [3-5], no se han analizado los INPs durante la época de lluvias (Julio-Octubre) para la CDMX. Dado que la mayoría de eventos extremos de precipitación (incluyendo las granizadas) ocurren

durante esa época del año, es necesario profundizar los estudios sobre los INPs en estos meses. En el presente trabajo se analizó la variabilidad de los INPs durante la temporada de lluvias del 2022, así como la variabilidad interanual (2022 vs. 2023) e interestacional. Asimismo, se investigó las características de los INPs en la capa límite vs. la tropósfera libre en las afueras de la zona metropolitana (Altzomoni). Con los datos obtenidos previamente en la época de secas cálidas y los obtenidos en el presente proyecto se desarrollaron unas parametrizaciones para cada de las dos épocas y una para la CDMX las cuales se espera que sean incorporadas en un modelo climático regional en el futuro cercano. Referencias [1] Möhler, O., et al. (2007). Microbiology and atmospheric processes: the role of biological particles in cloud physics. *Biogeosciences*, 4(6), 1059–1071. [2] Kanji, Z. A., et al. (2017). Overview of Ice Nucleating Particles. *Meteorological Monographs*, 58, 1.1-1.33. [3] Cabrera-Segoviano, D., et al. (2022). Inter-annual variability of ice nucleating particles in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 273, 118964. [4] Pereira, D. L., et al. (2021). Characterization of ice nucleating particles in rainwater, cloud water, and aerosol samples at two different tropical latitudes. *Atmospheric Research*, 250, 105356. [5] Rodríguez-Gómez, C. (2021). Variabilidad de los núcleos de glaciación en la capa límite y la tropósfera libre en Altzomoni, y su influencia en la formación de nubes mixtas. Tesis de Maestría, UNAM.

CCA-12

EVALUACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DIFERENTES PARTÍCULAS DE AEROSOL QUE SON IDENTIFICADAS COMO EXCELENTES CATALIZADORES EN LA FORMACIÓN DE HIELO

Saavedra Martínez Cristian Alejandro¹ y Ladino Moreno Luis Antonio²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
cristian_asm123@ciencias.unam.mx

Las nubes juegan un papel muy importante en el ciclo hidrológico, por lo que es esencial poder conocer su formación y evolución, especialmente las nubes mixtas formadas por gotitas de agua y partículas de hielo. La formación de hielo en las nubes depende en gran parte de la presencia de partículas de aerosol con la capacidad de actuar como núcleos de glaciación (INP). Entre los INPs más eficientes se encuentra el SNOMAX, bacterias conocidas como *Pseudomonas Syringae* las cuales pueden iniciar la congelación de las gotitas de nube a temperaturas tan cálidas como -1°. El Arizona Test Dust (ATD), es un polvo mineral disponible comercialmente que a menudo se usa como sustituto del polvo mineral en la atmósfera y ha sido reconocido como un INP eficiente ya que puede facilitar la nucleación de hielo a temperaturas cercanas a -2.5°C. Si bien ambas partículas son eficientes INPs, es altamente incierto cuál es el papel del envejecimiento atmosférico en dichas eficiencias. En este trabajo se evaluaron las habilidades como núcleos de hielo tanto del SNOMAX como del ATD, con el UNAM-Droplet Freezing Assay. Posteriormente, cada tipo de partícula se mezcló internamente con sulfato de amonio a diferentes concentraciones para simular el envejecimiento atmosférico. Se encontró que la temperatura inicial (T0) y la temperatura media (T50) de congelamiento para el SNOMAX son -6.9°C y -9.2°C, respectivamente. Por otro lado, para el ATD, las T0 y T50 encontradas fueron muy similares entre -6.8 °C y #9.7°C, respectivamente. Por otro lado, se evidenció que tanto el T0 como T50 para ambos tipos de partículas se vio significativamente afectando al mezclarlo con el sulfato de amonio (las temperaturas de congelamiento disminuyeron entre 6 y 7°C). Lo anterior indica que, si bien se tienen INPs muy eficientes, se debe tener en cuenta el envejecimiento atmosférico ya que éste afecta las propiedades fisicoquímicas de las partículas y por lo tanto, sus habilidades como INP.

CCA-13

IMPORTANCIA DE LAS PARTÍCULAS DE AEROSOL EN LA MICROFÍSICA DE NUBES Y EN EL DESARROLLO DE PRECIPITACIÓN SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO

Pérez Angelica B., Raga Graciela B. y Ladino Luis A.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
angelicabpm@ciencias.unam.mx

El impacto debido al proceso de urbanización ha traído consigo modificaciones en el clima, las cuales han tenido un crecimiento acelerado desde la Revolución industrial con el desarrollo de Megaciudades. Las zonas urbanas presentan mayor calentamiento de la superficie y temperaturas del aire con respecto a las áreas rurales, condición que se conoce como Isla de Calor Urbano (UHI) y es capaz de cambiar la termodinámica de los flujos de calor superficial. Sus efectos se han reportado en la Ciudad de México (CDMX) desde 1940. Si bien las partículas de aerosol pueden deteriorar la calidad del aire en las ciudades, también tienen el potencial de impactar los patrones de precipitación a nivel local y regional, ya que algunas de éstas pueden actuar como núcleos de condensación de nube (CCN) y núcleos de hielo (INPs). Con la finalidad de mejorar el entendimiento sobre el rol que juegan las partículas de aerosol presentes en CDMX sobre la formación de nubes, los patrones locales de precipitación, el desarrollo de eventos extremos de precipitación (e.g., granizadas) y en la UHI, se llevó a cabo una evaluación sobre los cambios de material particulado, temperatura, humedad relativa y precipitación a nivel superficial en los últimos 30 años. Los datos se obtuvieron de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET), así como del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX).

Adicionalmente, se evaluó la nubosidad sobre la CDMX en las últimas dos décadas con datos obtenidos del Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) de la NASA. Los análisis mostraron una tendencia al aumento de la temperatura en los últimos 30 años de aproximadamente 2°C para los meses de Julio a Diciembre, comportamiento que se observó principalmente en las estaciones de la zona centro de la Ciudad. Por otro lado, las concentraciones de material particulado (PM10 y PM2.5) mostraron una leve tendencia a disminuir en la mayoría de las estaciones a partir del 2010. De acuerdo con los resultados de SACMEX las precipitaciones promedio diarias en la zona centro de la ciudad parecen haber aumentado en promedio 0.5 mm/24h su intensidad, en la última década durante los meses de verano. Las correlaciones entre las variables atmosféricas y material particulado con las precipitaciones mayores a 25 mm/24h durante los meses de verano de 1995 a 2020, destacaron que el material particulado PM10, es la variable de mayor correlación con las precipitaciones principalmente, para el mes de Junio.

CCA-14

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROFÍSICAS Y SU RELACIÓN CON LOS MECANISMOS DE FORMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN MÉXICO

Montero Martínez Guillermo y Zarraluqui Víctor

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

Las nubes y la precipitación son de los elementos más relevantes del tiempo meteorológico y el clima, y en conjunto constituyen un fenómeno con alta variabilidad espacial y temporal. La forma en la que el proceso de precipitación es entendido y caracterizado es fundamental en modelos numéricos y en la interpretación de los datos obtenidos con plataformas de percepción remota. Una de las herramientas más utilizadas en el estudio de los procesos de formación de precipitación es la distribución por tamaños de gotas (DSD). La DSD es utilizada para relacionar la intensidad de precipitación con la reflectividad percibida por un radar meteorológico. La variabilidad de la DSD es determinada por los procesos dominantes en las nubes, así como las características ambientales. Existen diversas funciones para ajustar la DSD y los parámetros obtenidos de esas funciones pueden utilizarse para clasificar la precipitación e inferir los procesos de formación de las tormentas. Este trabajo presenta el análisis de las parametrizaciones de los eventos de precipitación registrados en los observatorios de la Red Universitaria de la UNAM (RUOA) mediante el uso de sensores de tiempo presente PWS100 (Campbell Sci.). La información de los PWS100 fue validada con los registros de pluviómetros de balancín TR-525M (Texas Electronics). Los resultados sugieren que se puede inferir los procesos dominantes en cada sitio y clasificar la precipitación en convectiva y estratiforme. El análisis también sugiere que los procesos de lluvia fría son más frecuentes en las tormentas ocurridas en el interior del país con respecto a las de las zonas costeras. La información obtenida puede ser empleada para validar y reducir los errores en las estimaciones derivadas de los instrumentos de percepción remota. Además, los resultados obtenidos son de utilidad para diferenciar los procesos dominantes en las nubes y la evolución de las tormentas en los sitios de muestreo localizados en diversas regiones de nuestro país.

CCA-15

PRUEBAS DE SENSIBILIDAD DE ALTURA DE CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA CON EL MODELO WRF PARA EL PERIODO SECO 2016-2017 SOBRE EL VALLE DE MÉXICO

Aquino Martínez Lourdes Paola¹, Ortega Guerrero Beatriz¹, García Franco Jorge Luis¹, Canet Miquel Carles¹, Burgos Andrea², Quintanar Isaías Arturo³ y Ochoa Moya Carlos³

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra

²Institute of Geophysics and Meteorology, University of Cologne

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
lourdesaquino@encit.unam.mx

En el Valle de México la dinámica del desarrollo de la capa límite atmosférica es muy compleja debido al confinamiento orográfico que presenta el valle y los múltiples procesos físicos que involucran su desarrollo, como son las circulaciones orográficas y las generadas por la isla de calor urbana. Este trabajo evalúa el desempeño del modelo de predicción meteorológica Weather Research and Forecasting model (WRF v.4.0) para el periodo seco frío y cálido (noviembre 2016 a mayo 2017) en la cuenca de México. Se diseña un conjunto de diferentes experimentos numéricos para probar cinco esquemas de capa límite planetaria (PBL) acoplado a una parametrización de Capa Superficial (SL) y una parametrización de microfísica de nubes (MP) para encontrar una configuración óptima que logre representar las mediciones de altura de capa límite atmosférica. Las medidas estadísticas del rendimiento del modelo se muestran con diagramas de Taylor, que proporcionan información de la distancia entre las simulaciones y las mediciones de altura de capa atmosférica. Los resultados muestran que los esquemas locales muestran un desempeño menos realista que los esquemas no-locales para representar la altura de la PBL. Entre los diferentes esquemas no-locales las diferencias son insignificantes.

CCA-16

MODULACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL CENTRO-SUR DE MÉXICO DEBIDA A LA OSCILACIÓN MADDEN-JULIAN

Pineda León Roberto¹ y Romero Centeno Rosario²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
leon@atmosfera.unam.mx

Los patrones de precipitación en México son complejos y están asociados a fenómenos que presentan diferentes escalas de variabilidad. Por ello, es importante analizar la influencia y modulación de fenómenos como la Oscilación Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés) sobre los patrones de precipitación en México. En este sentido, el presente estudio se centra en analizar la influencia de la MJO en la variabilidad e intensidad de la precipitación en la región centro-sur de México durante los meses de mayo a octubre para el periodo 1981- 2021, utilizando el índice Multivariado de la MJO en Tiempo Real (RMM, por sus siglas en inglés), datos del reanálisis de quinta generación del ECMWF (ERA5) y de la base de datos de precipitación conocida como CHIRPS. Asimismo, se pretende aportar conocimiento para la obtención de un pronóstico extendido (con 2 a 3 semanas de antelación) de la precipitación en México. A partir del registro de datos de amplitud y fase del índice RMM, se seleccionaron las fechas en las que la amplitud de la señal convectiva de la MJO es mayor a 1 por al menos 4 días consecutivos, con una secuencia de fases continua y creciente. Este registro de fechas se utilizó para analizar el comportamiento espacial y temporal de la precipitación en los meses de lluvia en México mediante anomalías estandarizadas positivas de precipitación que, en adición con las anomalías de los campos de viento, se emplearon como referencia para analizar la evolución de la señal convectiva de la MJO a lo largo del Océano Índico ecuatorial y del Océano Pacífico tropical, iniciando el análisis 15 días previos al registro de cada una de las fases de la MJO y culminando 10 días después. Los resultados obtenidos, empleando las 8 fases del índice RMM, permiten identificar el efecto modulador de la MJO en la distribución e intensidad de eventos de precipitación en la zona centro-sur de México durante la temporada lluviosa, considerando una ventana de 25 días.

CCA-17

IMPACTO DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO EN LOS FLUJOS SUPERFICIALES DE ENERGÍA

López Espinoza Erika Danaé, Zavala Hidalgo Jorge y Rivera Martínez Saulo L.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
danae@atmosfera.unam.mx

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) está conformada por las dos entidades más pobladas a nivel nacional, la Ciudad de México y el Estado de México. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, la ZMVM tiene poco más de 21 millones de habitantes en una superficie de 7,954 km², y conforme a datos oficiales de uso de suelo y cobertura vegetal los asentamientos humanos representan una extensión de 1,797.6 km², lo que se traduce en el 22% del área total de la ZMVM. El rápido y continuo crecimiento de estos asentamientos, desde la fundación del estado azteca hasta etapas posteriores ha ido transformando el paisaje natural y modificando la interacción suelo-superficie-atmósfera. En este trabajo mediante el modelo atmosférico Weather Research and Forecasting, se revisa la contribución de los flujos de energía en la temperatura superficial considerando los cambios en la cobertura urbana. Se observa que el mayor impacto por la urbanización se presenta en el flujo de calor sensible y latente. Además, el ciclo diurno del contenido de calor en el suelo urbano es similar al de suelos con cobertura vegetal como el bosque y la vegetación escasa. Esta investigación ha sido realizada gracias al proyecto "Identificación de procesos meteorológicos y climáticos que favorecen las concentraciones altas de ozono en la ZMVM y emisiones de COVs y NOx asociadas: diagnóstico y propuestas", SECTEI/168/2022.

CCA-18

IMPLICATIONS OF CLIMATE CHANGE OVER A DESERT CITY: ANALYSIS OF DOWNSCALING A CLIMATE MODEL

Nieves Monarrez Gustavo Alejandro, Sosa Tinoco Ian Mateo y Robles Morúa Agustín

Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

gustavo.nieves241209@potros.itson.edu.mx

Air quality in Hermosillo, Sonora, its seen as a result of the interaction between variables in a complex social-ecological system. The approach of strategies that seek to provide solutions in the short, medium, and long term requires an interdisciplinary effort that allows us to understand the interaction of all these variables. Our objectives in this paper are to understand changes in advection winds and determine the effects of climate variables on the infrastructure and public health of the citizens of Hermosillo, Sonora. With the use of the Weather Research Forecast (WRF) model and data from the Community Climate System Model, a weather forecast was made using data from a meteorological station as a validation system located in the city of Hermosillo, where three years functioned as validation with an hourly frequency of data and 30 years in the future from 2020 to 2050. With this, it was obtained that from 2020 to 2050, the temperature will increase by 1.2 °C on average, the average horizontal global irradiation will increase by 20 W/m², and the relative humidity will

decrease progressively over time. As soon as the maximum wind speeds in the area increase by approximately 2 m/s and the wind directions remain very similar over the years. The RCP 6.0 was analyzed, indicating a consistent model with CO₂ emissions from 2006 to date. It is observed that the model is valid enough to predict the climatic changes that could impact the city of Hermosillo. Some implications found in the data allow us to observe that the summers will be warmer, with less humidity, and with a higher average solar insolation. In the case of the wind, it is expected that the average wind speed will increase marginally, which can cause an increase in respiratory diseases in the public.

CCA-19

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN 2016-2021 EN GUADALAJARA Y ZAPOCAN MEDIANTE DATOS DEL RADAR METEOROLÓGICO DOPPLER

Ortiz Bañuelos Alma Delia¹ y Pérez Dolores Alejandro²¹Universidad de Guadalajara, UDG²Universidad de Guadalajara

alma.ortiz@academicos.udg.mx

Las precipitaciones favorecen o perjudican a la población urbana con el descenso de temperatura del medio ambiente, inundaciones por las lluvias intensas, caída de árboles por vientos fuertes, así como daños en áreas verdes y muerte de animales debido a las granizadas. Esto justifica la necesidad de conocer la dinámica de estos fenómenos meteorológicos en una zona determinada para mejorar los pronósticos del tiempo. Por lo anterior, en este trabajo de investigación se analizan las lluvias de 6 años en los municipios de Zapopan y Guadalajara Jalisco, ya que ahí es donde se concentra mayor parte de la población del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), la cual es considerada como la segunda metrópoli más poblada de México. Para lo anterior, se utiliza como herramienta principal las imágenes del radar Doppler de la Universidad de Guadalajara (UDG) y el método de machine learning K-means. Se analizaron 763 tormentas, la mayoría se presentaron durante las horas de la tarde o de la noche y se debieron al canal de bajas presiones, el cual se desplaza desde el oeste a este del estado de Jalisco, presentándose este fenómeno meteorológico con mayor frecuencia de mayo a septiembre y produciendo las lluvias más intensas, con desplazamiento del noroeste-sureste así como de carácter local (siendo estas últimas más frecuentes en julio y agosto). Los sistemas que influyeron en las lluvias ligeras son la corriente en chorro (subtropical) y la entrada de humedad en niveles medios y altos; mientras que las lluvias moderadas estuvieron asociadas al paso de sistemas tropicales y a la entrada de humedad en niveles bajos. Lo anterior es una herramienta extra que será de utilidad en la elaboración de los pronósticos meteorológicos en el área de estudio.

CCA-20

VERIFICACIÓN DEL PRONÓSTICO DE VIENTO EN MODELOS DE MESOESCALA CON FINES DE APROVECHAMIENTO EÓLICO

Pereyra Castro Karla¹ y Caetano Ernesto²¹Universidad Veracruzana, UV²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
karpereyra@gmail.com

La decarbonización del sector eléctrico es un objetivo primordial para reducir las emisiones de dióxido de carbono y su efecto en el cambio climático. Sin embargo, el crecimiento de las instalaciones de energía renovable conduce a una mayor incertidumbre en la generación de electricidad, derivada de la variabilidad de la circulación atmosférica. En este estudio se evaluó el efecto de la variabilidad del viento, rampas de potencia y eventos de generación de potencia eólica sobre el recurso eólico en el norte de México con 14 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). También se examinó el papel de los sistemas meteorológicos en el desempeño de los sistemas de pronóstico North American Mesoscale System (NAM) y Rapid Refresh (RAP) para 2013. Ambos modelos muestran buena habilidad. Sin embargo, presentan deficiencias sobre una topografía compleja, subestimando los vientos intensos y sobrestimando los vientos débiles. Ante la complejidad del terreno de la Península de Baja California, se examinó la sensibilidad del pronóstico de viento al esquema de capa límite planetaria (PBL) para un mes de verano (junio 2013) e invierno (enero 2013) con 7 estaciones meteorológicas del SMN. La evaluación determinista de la velocidad del viento en superficie se realizó para simulaciones de 24 h con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Las parametrizaciones de PBL evaluadas fueron: Yonsei University (YSU), Mellor-Yamada-Janjic (MYJ) y el Modelo Convectivo Asimétrico versión 2 (ACM2). La predicción de rampas de viento se verificó en términos de magnitud, frecuencia y duración. El esquema YSU mejoró la precisión del pronóstico en invierno para la mayoría de las estaciones meteorológicas. Por otra parte, la habilidad de los esquemas PBL varía según el entorno fisiográfico de la estación meteorológica en verano.

CCA-21

ONDAS DEL ESTE EN EL PACÍFICO NORORIENTAL: CICLO DE VIDA Y SUS IMPACTOS EN MÉXICO Y LAS AMÉRICAS TROPICALES

Torres Victor M.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
vtpuente@gmail.com

Las Ondas del Este (OE) son perturbaciones atmosféricas propias de las regiones tropicales. Recientemente, la investigación de las OE en el Pacífico nororiental ha aumentado y ahora es posible proponer el ciclo de vida de las OE desde su génesis hasta su lisis, sin dejar de lado la forma en que estas pueden generar ciclones tropicales en el Pacífico Nororiental. En el presente trabajo se muestra el ciclo de vida de las OE desde una perspectiva de vorticidad potencial. A partir de este enfoque se pueden discernir las condiciones dinámicas que favorecen el crecimiento e intensificación de las OE. Así mismo, se rompe con el paradigma del origen de las OE de África y del Caribe. Asociado a todo lo anterior, se observa cómo las OE impactan las regiones continentales del México y Centroamérica.

CCA-22

AIR QUALITY FORECAST SYSTEM USING NEURAL NETWORKS AND FORECASTED DATA FROM THE WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL

Zavala Romero Olmo¹, Segura Chávez Pedro Alberto², Camacho González Pablo², Zavala Hidalgo Jorge², Oropeza Alfaro Pavel², García Agustín R.², Romero Centeno Rosario² y Gómez Ramos Octavio²

¹Department of Scientific Computing, Florida State University
²ICAYCC - UNAM
osoz09@fsu.edu

Across the globe, remarkable efforts are being invested to advance forecasts in various fields, including meteorology and air quality. Mexico City, a vast and densely populated urban area, often faces episodes of elevated pollution levels. To address these challenges, governmental authorities in the region require more precise air quality forecasts, among other critical information. This research presents a machine learning system tailored as an operational air quality prediction model for Mexico City. The proposed system leverages historical data from the Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), an automated atmospheric monitoring network designed to persistently observe and document atmospheric conditions and a range of pollutants. In addition to the RAMA data, our model incorporates meteorological forecast data from a regional Weather Research and Forecast (WRF) model for Mexico City, enriched by contextual features such as the day of the week, current date, and time. The system is designed to integrate information from multiple stations, allowing it to compensate for missing data. The proposed system is a neural network trained to predict ozone levels for the subsequent 24-hour period in Mexico City by analyzing current and previous pollutant information from RAMA and seven meteorological forecast fields. This work evaluates the effects of bootstrapping the data, incorporating meteorological forecast information, and including current and previous pollutant time in the network's performance. The model achieves a mean absolute error (MAE) of 9.5 ppb and a correlation index of 0.88 across all stations. For the top 10 stations, the MAE falls below 8.5 ppb, and the correlation coefficient exceeds 0.92.

CCA-23

CONTROL DE EMISIONES: ESTRATEGIA HÍBRIDA BASADA EN VALORES DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN

Parra Guevara David y Skiba Yuri N.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
p david@atmosfera.unam.mx

En las últimas décadas se han propuesto diversas estrategias para el control de la contaminación del aire que se basan en modelos de programación matemática y que consideran diferentes metas ecológicas y económicas [1]. Dada la complejidad del problema de la contaminación, los modelos de control se han desarrollado para resolver situaciones específicas. En particular, los eventos de corto plazo donde una débil dispersión en la atmósfera favorece la acumulación de los contaminantes hasta niveles peligrosos merecen una especial atención. Ante un pronóstico de este tipo de evento es necesario definir con prontitud las restricciones en las tasas de emisión que pueden mantener las concentraciones de los contaminantes por debajo de las normas sanitarias respectivas [2]. En este trabajo se considera el control de corto plazo con el objetivo de hacer cumplir las normas de la calidad del aire en cada instante y punto en una región de control. Este problema, cuando se quiere resolver de forma óptima, requiere un esfuerzo computacional considerable ya que depende del número de fuentes de emisión [3,4]. Una alternativa es formular estrategias de rápida evaluación basadas en información relevante. En este trabajo se formula un modelo de programación lineal para el control a corto plazo de las emisiones de fuentes puntuales. La meta de este modelo de optimización es disminuir la concentración máxima de un contaminante en puntos selectos de una región con el fin de que se cumpla la norma de la calidad del aire en una zona a un costo mínimo. La selección de los puntos de control se hace considerando

los sitios e instantes donde se espera que aparezcan los máximos absolutos de la concentración del contaminante. Esta formulación utiliza eficientemente las soluciones del modelo adjunto de dispersión y permite obtener rápidamente los coeficientes óptimos que deben regular las emisiones. El exceso en la concentración del contaminante que deja este primer paso se ajusta a través de un parámetro que se aplica a todas las fuentes de emisión [3], de esta forma la concentración satisface la norma en cada instante y punto de la región de control. El desempeño de este método es independiente del número de fuentes contaminantes que se quiere controlar, y es rápido, ya que requiere pocas simulaciones del modelo de dispersión de contaminantes. Referencias [1] Cooper W. W., Hemphill H., Huang Z., Li S., Lelas V., Sullivan D. W. (1996). Survey of Mathematical Programming Models in Air Pollution Management. European Journal of Operational Research, 96(1), 1-35. [2] Flagan R. C., Seinfeld J. H. (1998). Fundamentals of Air Pollution Engineering, Prentice-Hall. [3] Parra-Guevara, D., Y. N. Skiba and D. Peña-Maciél (2017). Controlling the Forcing of the Linear Transport Equation to Meet Air Quality Norms at Every Point. International Journal of Applied Mathematics, 30(6), 527-545. [4] Peña-Maciél, D., D. Parra-Guevara y Y. N. Skiba (2022). Formulación de una estrategia para el control puntual de un contaminante y su implementación usando cómputo paralelo. Información Tecnológica, 33(1), 35-48.

CCA-24

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA DISPERSIÓN DE PM 2.5 Y PM 10 DE LADRILLERAS EN EL AMG

Fernández Domínguez Dayana, García Chan Nestor y Montes Aréchiga Jorge Manuel

Universidad de Guadalajara, UDG
dayana.fernandez8591@alumnos.udg.mx

Esta investigación analiza los resultados parciales de la dispersión de las emisiones a la atmósfera debido a la actividad productiva de ladrilleras ubicadas en el municipio Tonalá, perteneciente al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Estas ladrilleras aún utilizan técnicas tradicionales de fabricación, lo que genera grandes emisiones a la atmósfera. Los principales contaminantes emitidos por las fábricas de ladrillos son el material particulado (PM), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), metales y hollín, que se obtienen de la combustión incompleta. Teniendo en cuenta que estas fuentes fijas son la tercera que más emiten PM 2.5 en México y las afectaciones que esto puede provocar en la salud y el medio ambiente, se modela la dispersión del material particulado. Los datos de las concentraciones de las emisiones del material particulado fueron ofrecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). Las mediciones se realizaron durante 51 días consecutivos (8 de mayo al 27 de junio del 2022) a partir de una estación automática instalada a espaldas de las ladrilleras, coincidiendo la mayoría de las observaciones con el comportamiento de la orientación del viento predominante en el área de estudio. Para calcular la dispersión de contaminantes se utilizó el modelo físico-matemático CALMET-CALPUFF con una resolución de 300 m, el cual puede simular los efectos temporales y espaciales de las condiciones meteorológicas en el transporte, transformación y la deposición de contaminantes en la atmósfera. La información meteorológica necesaria para ejecutar CALMET se obtuvo de las salidas del modelo WRF, el que fue configurado con tres dominios anidados centrados en el AMG, donde el más pequeño cuenta con 0.6 km de resolución espacial y 1 h temporal, tomando como datos de entrada las salidas de GFS pronóstico con una resolución de 0.25 # cada 3 horas. Como resultados de las mediciones de las emisiones se obtuvieron distintos niveles de concentración de los contaminantes durante esos días del periodo de estudio. Los valores de las concentraciones de inmisión obtenidos con las simulaciones a partir de las emisiones de la fuente, como promedio no superan los valores establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM) de Calidad del Aire Ambiente que se usó como referencia.

CCA-26

ESTUDIO DEL AMONIACO ATMOSFÉRICO EN LA REGIÓN ORIENTE DE LA ZMCM

Arredondo Palacios Thania Elizabeth, Andraca Ayala Gema Luz, Alarcón Jiménez Ana Luisa, Sosa Echeverría Rodolfo, Vega Rangel Elizabeth, Grutter de la Mora Michel Alexandre, Sánchez Álvarez Pablo y Palacios Ibarra Alejandro de David

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
thania.arredondo@atmosfera.unam.mx

El amoníaco (NH₃) es el principal gas alcalino primario en la atmósfera y es precursor en la formación de aerosoles secundarios. Sus fuentes de emisión son la agricultura a través de la producción y el uso de fertilizantes basados en nitrógeno, los desechos de origen animal y humano en aguas residuales, la quema de biomasa, las emisiones industriales y vehiculares, además de la volatilización de suelos y océanos. Se realizaron dos campañas de monitoreo de amoníaco en fase gas en 2022 y 2023 en la región Oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). La primera campaña en 2022 se realizó del 31 de marzo al 23 de junio (12 semanas). La segunda campaña en 2023 se realizó del 23 de febrero al 29 de junio (18 semanas). En ambas campañas se utilizaron muestreadores pasivos comerciales (marca Ogawa), muestreadores pasivos desarrollados en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM y muestreadores activos (marca Aeroqual). Los sitios seleccionados para los muestreos incluyeron tres estaciones (NEZ, MON y MCM) de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), el Centro Universitario Nezahualcóyotl de la UAEMex y la estación Texcoco de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA). Los niveles de amoníaco que se midieron con los muestreadores pasivos, que reportan las concentraciones

acumuladas durante 1 semana de muestreo, fueron muy variables dentro del rango de 6 a 65 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en ambas campañas. Los valores más altos corresponden al sitio ubicado en el Centro Universitario Nezahualcóyotl de la UAEMex, mientras que los valores más bajos se reportaron en la estación Texcoco de la RUOA y la estación NEZ de la RAMA, respectivamente. Los muestreadores activos Aeroqual reportaron concentraciones de amoníaco entre 0 y 3.4 ppm en 2022 y entre 0 y 3.7 ppm para 2023, observándose perfiles diurnos con un máximo a las 18:00 h y un mínimo a las 8:00 h, hora local. Esta investigación permite a través de un análisis de los vientos dominantes, comprender el nivel de concentraciones encontradas, las fuentes probables de emisión, la distribución espacial y el riesgo para la salud humana, lo cual es fundamental para desarrollar estrategias y gestionar la calidad del aire en la zona de estudio.

CCA-28

ESCENARIOS EN LA CALIDAD DEL AIRE DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO: LA EXPERIENCIA DE LA PANDEMIA POR COVID-19

Arellano Hernández Edgar Josué¹, Jazilevich Diamant Arón¹, Yassmany Hernández Iván¹, Almanza Veloz Víctor¹, Ruiz Suárez Luis Gerardo¹ y Rojas Rueda David²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Colorado State University

arellanoj@atmosfera.unam.mx

Las reducciones de movilidad y de actividades en el Área Metropolitana de la Ciudad de México como medidas de control de la pandemia por COVID-19 permitieron analizar escenarios no planeados que resultaron en cambios en la calidad del aire durante 2020-2021. Se obtuvo información de las restricciones implementadas durante el primer año de la pandemia, e información de indicadores de movilidad y de actividades económicas, que permitieron identificar distintas fases de la pandemia. Aprovechando esta situación se utilizaron los datos de monitoreo atmosférico de la CDMX y se realizó un análisis de Anomalías para obtener los cambios en las concentraciones de contaminantes criterio, y compararlos con los índices económico y de movilidad para identificar cambios en posibles fuentes emisoras de control en el Valle de México. Con la información de NO₂, O₃ y PM_{2.5} en las distintas fases de la pandemia, se calcularon los correspondientes beneficios a la salud debido a los cambios en la calidad del aire, para utilizarse como índice de comparación. Durante las Fase 2 y Fase 3, se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) en los niveles ambientales de CO, NO₂, PM₁₀ y PM_{2.5}, mientras que el O₃ mostró un ligero incremento significativo ($p > 0.05$) en la Fase 2. Estos cambios sugieren que las emisiones originadas por la disminución combinada del tráfico vehicular particular-público (~80 %) y de actividades no esenciales, ayudaron en la mejora de la calidad del aire. Disminuciones en estas emisiones observadas durante la fase 3 para PM_{2.5} y NO₂ permitirían evitar alrededor de 2,774 y 3,625 muertes prematuras, respectivamente. La implementación de menores restricciones de movilidad y actividades que en la Fase 3, causaron una disminución significativa ($p < 0.05$) solo de PM₁₀ y PM_{2.5}. De acuerdo a nuestro modelo de impacto a la salud, la disminución de PM_{2.5} permitiría reducir alrededor de 1,910 muertes prematuras. Los impactos a la salud muestran que el NO₂ y PM_{2.5} tuvieron el mayor impacto en salud, por lo que se deben enfocar las políticas ambientales para su disminución. La implementación de nuevas tecnología Diesel y de electrificación en el sector transporte, deben formar parte de esta estrategias.

CCA-29

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS Y LA METEOROLOGÍA EN LA FORMACIÓN DE BRUMA EN EL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Miranda Claudes Blanca Adilen¹, Montero Martínez Guillermo² y García García Fernando²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

adilen.miranda031@gmail.com

La niebla y la bruma son dos fenómenos comunes y naturales que degradan la visibilidad y reducen significativamente el contraste atmosférico que se atribuye físicamente a la presencia de partículas en el aire que absorben y dispersan la luz. La bruma también tiene un fuerte impacto en la salud dada su relación con la cantidad de aerosol, especialmente el denominado PM₁₀. El estudio presentado utiliza mediciones del alcance óptico meteorológico (MOR) realizadas con un sensor de tiempo presente (PWS100) y de los niveles de contaminantes criterio obtenidas de la Red Automática de Monitoreo Ambiental en Ciudad Universitaria (UNAM), al sur de la CDMX, durante el periodo de agosto de 2014 a diciembre de 2015. Con el objetivo del estudio de analizar y comprender las condiciones meteorológicas y ambientales que propician la ocurrencia de bruma, definida – de acuerdo con la Agencia Meteorológica de China – como un fenómeno que reduce los valores de MOR por debajo de los 10 km. La definición también considera la humedad atmosférica como factor en la formación de bruma. El análisis estadístico compara las condiciones prevalentes durante los periodos de bruma con aquellos en donde los periodos con valores de MOR son mayores que 10 km, considerando el efecto de los resultados obtenidos. Se precisó que el fenómeno de bruma ocurre con distintas condiciones de humedad relativa (HR) y concentración de PM_{2.5} durante el año. Al diferenciar el periodo analizado en dos temporadas, los resultados

muestran diferencias significativas y relevantes entre el comportamiento de HR y PM_{2.5} durante la temporada de lluvia (junio a octubre) y seca (noviembre a mayo). Además, se establecieron valores umbrales para la probabilidad de ocurrencia de bruma durante cada temporada. Durante la temporada de lluvias la concentración de partículas disminuye por las constantes precipitaciones, por lo que para que ocurra la bruma es necesaria una alta humedad, la cual es aportada por las mismas condiciones del ambiente en esta temporada. Por otro lado, en la temporada de secas, los aerosoles que se emiten se mantienen en la atmósfera y no es necesario que “crezcan”, ya que el factor clave para disminución de MOR bajo estas condiciones es la cantidad y no el tamaño de la partícula.

CCA-31

CARBONACEOUS PARTICLES AND PM_{2.5} OPTICAL PROPERTIES IN MEXICO CITY DURING ACU15 CAMPAIGN

Castro Telma¹, Santiago-De La Rosa Naxieli¹, Prieto Cristina², Pavia Rubén², Peralta Oscar¹, Álvarez-Ospina Harry³, Saavedra María Isabel¹, Ortiz-Álvarez Abraham⁴, Espinosa María de la Luz¹, Ruiz-Suárez Gerardo¹ y Martínez-Arroyo Amparo¹

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

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

telma@atmosfera.unam.mx

The emission of particles into the atmosphere derived from anthropogenic activity affects hydrological cycles, air quality, and global radiative balance; since atmospheric particles absorb and scatter light they lead to changes in energy and temperature in the environment. Hence, the terrestrial radiation budget and global warming are two phenomena intimately connected with atmospheric aerosols. Furthermore, in urban polluted atmospheres, particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 μm or less is commonly composed by black carbon (BC), a critical short-life climate forcer. That is why some countries have included BC within their mitigation agendas. BC and elemental carbon (EC) are usually interchangeable terms, despite different analytical methods support the definitions of each species. The link between the light absorption (babs) and the black/elemental carbon abundance is the mass absorption efficiency (MAE). We measured the optical properties of aerosols with two photoacoustic spectrometers (PAX) operating at 532 nm and 870 nm wavelengths and sampled PM_{2.5} to analyze the organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) content. The measuring site was in southwest corner of Mexico City. We calculated the mass absorption efficiency (MAE) sorting the data by OC/EC ratios. The different MAE ranged from 2.27 – 19.75 m² g⁻¹ at 532 nm and 2.03 – 15.26 m² g⁻¹ at 870 nm with determination coefficients above 0.88 showing that the amount of OC modifies the absorption properties of particles, sometimes underestimating or overestimating the BC concentration. It is possible to choose a MAE based on O₃ concentration. It is not easy to estimate a general MAE for developing cities, but we can use other indicators of the presence of secondary organic carbon, like ozone (Turpin et al., 2007).

CCA-32

MASS ABSORPTION EFFICIENCY OF PM₁ IN MEXICO CITY DURING ACU15

Peralta Oscar¹, Prieto Cristina², Álvarez Harry³, Romero Telma Gloria¹ y Salcedo Dara³

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

²Posgrado en Ciencias de la Tierra

³Facultad de Ciencias

telma@atmosfera.unam.mx

From January to March 2015, an atmospheric aerosol measurement campaign, “Aerosoles en Ciudad Universitaria 2015” (ACU15), was carried out in Mexico City to determine the particles’ optical properties and chemical composition. Two photoacoustic spectrometers measured the scattering and absorption coefficients at two different wavelengths (PAS and PAX). The average absorption coefficient at 532 nm was $12.71 \pm 9.48 \text{ Mm}^{-1}$ and at 870 nm was $10.35 \pm 7.36 \text{ Mm}^{-1}$. The average scattering coefficient was $65.63 \pm 47.12 \text{ Mm}^{-1}$ (532 nm) and $21.12 \pm 14.24 \text{ Mm}^{-1}$ (870 nm). The chemical composition was determined via an aerosol chemical speciation monitor. The organic aerosol fraction represented 53% of the total PM₁ and was made up of 63% low volatile (4.64 $\mu\text{g m}^{-3}$), 22% hydrogenated (1.90 $\mu\text{g m}^{-3}$), and 15% semi-volatile organics (1.54 $\mu\text{g m}^{-3}$). The correlation coefficient of chemical species (NO₃#, NH₄+, SO₄2#, low-volatile, and semi-volatile organics) and optical properties was 0.92. The multilinear regression (MLR) showed a good agreement among chemical species and particle’s optical properties ($r > 0.7$). The mass absorption coefficient at 870 nm was MAE₈₇₀ = 5.80 m² g⁻¹, instead of the default 4.74 m² g⁻¹. Furthermore, based on the median Ångström absorption exponent (AAE), the 532 nm MAE₅₃₂ resulting from the MLR showed the following coefficients: 7.12 m² g⁻¹ (eBC), 0.22 m² g⁻¹ (HOA), and 0.16 m² g⁻¹ (LV-OOA). Table 1. Mass absorption efficiency for PM₁ (532 nm) Coefficients (m² g⁻¹) SE t Stat p-Value Intercept #0.50 0.14 #3.45 5.69 x 10⁻⁴ eBC 7.12 0.07 96.89 0 HOA 0.22 0.04 4.85 1.35 x 10⁻⁶ LV-OOA 0.16 0.02 7.04 2.79 x 10⁻¹² Conclusions The optical properties of particles are affected in complex ways by their chemical composition because several of those species simultaneously scatter and absorb sunlight (i.e., eBC, HOA). So, it is probable that the optical duality is also related to the distribution of species in the particle and other factors such as the reactivity of the atmosphere, the rapid aging of the particle, and its incorporation of more species over time. A new

MAE870 value of 5.80 m2 g#1 is proposed which is better adjusted to the aerosol optical/chemical properties of the south of Mexico City than the default value of 4.74 m2 g#1 to determine equivalent black carbon. This new value for MAE implies that the black carbon concentration is overestimated up to 18% when using the PAX default factor value for MAE.

CCA-33

CARBONO NEGRO EN TACNA, PERÚ: MEDICIONES DE SUPERFICIE Y REANÁLISIS MERRA-2

Liñán Abanto Rafael Nery¹, Arnott W. Patrick², Paredes Miranda Guadalupe³, Ramos Pérez Omar⁴, Salcedo Dara⁴, Torres Muro Hugo¹, Liñán Abanto Rosa María¹ y Carabali Sandoval Giovanni⁵

¹Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, UNJBG

²Universidad de Nevada, Reno

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

⁴Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

⁵Instituto de Geofísica, UNAM

mlinan@unjbg.edu.pe

En esta investigación, se analizaron las variaciones temporales de la concentración en masa del carbono negro (BC, por sus siglas en inglés) durante el periodo comprendido entre el 26 de noviembre del 2019 y el 12 de septiembre del 2021, en la ciudad de Tacna, Perú. Para este estudio temporal se utilizaron las mediciones terrestres de BC obtenidas mediante un extinciómetro fotoacústico (PAX BC) y los valores de BC del reanálisis MERRA-2 de la NASA (MERRA-2 BC). En Tacna, la dirección del viento más frecuente (81%) fue del suroeste; sin embargo, las gráficas polares muestran que las fuentes de mayor contaminación que impactan al sitio de medición estuvieron ubicadas en el noreste y sureste de la ciudad. Las concentraciones estacionales del PAX BC para la primavera, verano, otoño e invierno, fueron: 0.70 ± 0.35 , 0.73 ± 0.46 , 0.70 ± 0.39 , $0.85 \pm 0.46 \mu\text{g m}^{-3}$; y para el MERRA-2 BC: 0.12 ± 0.11 , 0.06 ± 0.02 , 0.06 ± 0.02 , $0.11 \pm 0.06 \mu\text{g m}^{-3}$, respectivamente. Encontramos una gran discrepancia en las concentraciones de BC obtenidas con estas dos técnicas, las observaciones de las concentraciones del PAX BC fueron, en general, un orden de magnitud mayor que las obtenidas mediante reanálisis MERRA-2. Los valores mas altos de MERRA-2 BC se presentan durante la primavera, probablemente por influencia del transporte regional o la subsidencia de masas de aire contaminadas; mientras que el PAX BC, los presenta durante el invierno. Asimismo, se demuestra que MERRA-2 no registra los eventos de gran contaminación urbana (durante los días de las fiestas de fin de año) y no presenta efecto fin de semana. Estos resultados obtenidos, sugieren que reanálisis MERRA-2 subestima las emisiones de carbono negro de las fuentes locales.

CCA-34

LAS INFLUENCIAS SOLARES, RECURRENTE Y RETRASADAS, EN EL CLIMA TERRESTRE: UN PRONÓSTICO DE TEMPERATURA GLOBAL PARA LAS PRÓXIMAS DÉCADAS SIN CALENTAMIENTO, BASADO EN REGISTROS CLIMÁTICOS E INFLUENCIAS OCEÁNICAS

Sánchez Sesma Jorge

Jorge Sánchez-Sesma

marumarban@yahoo.com

Este trabajo proporciona elementos de los vínculos entre las respuestas retardadas y recurrentes del sistema climático hemisférico de la Tierra al forzamiento solar. Se emplean registros instrumentales de escala milenaria y holocena desarrollados recientemente, tanto para intercalibrarlos como para dar cuenta de las respuestas retardadas y recurrentes al forzamiento solar de la temperatura global (TG). Los modelos simples propuestos incluyen implícitamente recurrencias multicentenarias y un mecanismo de transporte de calor oceánico bien conocido: el cinturón transportador oceánico (cuya rama de la superficie del Atlántico se conoce como la corriente del Golfo). Se comprueban las recurrencias, las solares, con otros registros más prolongados, y las de clima terrestre, con los mismos registros. El mecanismo oceánico implícito parece generar, a través del transporte de calor y masa, un desfase climático consecuente de varios miles de años respecto a la señal solar. Las estimaciones de TG para los próximos siglos se realizan con dos alternativas independientes. Uno se basa en extrapolaciones de registros a escala hemisférica considerando mecanismos oceánicos y oscilaciones multicentenarias. Otro se basa en las influencias solares rezagadas. Una tercera opción de verificación independiente, fue considerada luego de ser detectados diferentes desfases climáticos, por el escenario IPCC extrapolado rcp0.0. Este escenario IPCC adaptado, demuestra con resultados experimentales para el siglo XXI, contrastando valores más bajos en comparación con los escenarios IPCC GT. Nuestros resultados sugieren fuertemente que los cambios de escala milenaria en la actividad solar inducen circulación e impactos térmicos globales, y una TG sin calentamiento consecuente para el resto del siglo XXI. Las respuestas climáticas retardadas y recurrentes detectadas en la Tierra, que han estado funcionando en climas pasados y presentes, y funcionarán en climas futuros, deben ser, tan pronto como sea posible, verificadas independientemente y sustentadas teóricamente, antes de ser incluidas por completo. En los modelos climáticos como teoría científica. En los siguientes trabajos, del mismo autor, los registros del Pacífico tropical, el Atlántico norte, el Caribe y el Ártico proporcionarán más elementos sobre los procesos

climáticos retrasados en esas regiones, como evidencia múltiple e independiente, para confirmar mejor la TG estimada sin calentamiento para el resto del siglo XXI.

CCA-35

IDENTIFICACIÓN DE NUBES LENTICULARES EN EL VALLE DE MÉXICO MEDIANTE CLASIFICACIÓN SUPERVISADA EN IMÁGENES SATELITALES

Ortiz Villalva Jimena¹, Villalobos García Jesica¹ y Ramos Musalem Karina²

¹Universidad Autónoma Metropolitana Iztaquilapa, UAMI

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

jimenaorvi@gmail.com

Las nubes lenticulares, fenómenos atmosféricos que se forman en la troposfera superior cerca de crestas de montañas, pueden indicar la presencia de ondas de montaña en la atmósfera. El presente trabajo se enfocó en el análisis detallado de las nubes lenticulares formadas sobre el volcán Popocatepetl el 17 de noviembre de 2020 y su relación con un evento de ondas de montaña. Para ello, se combinaron métodos de búsqueda de evidencia fotográfica y procesamiento de imágenes satelitales con la aplicación de clasificación supervisada en Google Earth Engine. Se seleccionó el satélite óptico Sentinel-2 debido a su alta resolución espacial y amplia cobertura espectral, lo que permitió una identificación precisa y análisis detallado de las nubes lenticulares en la zona de estudio. Se exploraron diversas combinaciones de bandas espectrales, como "Natural Colors", "Short Wave Infrared (SWIR)" y "False Color Infrared (FCI)", para resaltar las características de las nubes lenticulares en las imágenes satelitales. El procesamiento de la imagen satelital del evento incluyó técnicas de realce de características y mejora del contraste para facilitar la identificación y análisis de los trenes de nubes lenticulares. Asimismo, se aplicó el Índice de Diferencia Normalizada de Nubes Orográficas (NDOCI) para detectar nubes orográficas en la imagen y mejorar la identificación de las nubes lenticulares. El análisis de la imagen satelital proporcionó información valiosa, incluyendo la longitud de onda de la onda de montaña y la dirección de su desplazamiento, así como las características distintivas de las nubes lenticulares, como su forma, brillo o color, y patrón. Sin embargo, el resultado más concluyente y preciso se obtuvo mediante la clasificación supervisada en Google Earth Engine, permitiendo mapear la distribución espacial de las diferentes clases identificadas en la imagen, incluyendo las nubes lenticulares. Además, se llevó a cabo una minuciosa búsqueda de evidencia fotográfica en redes sociales y otras fuentes para complementar la información de las imágenes satelitales y facilitar la identificación de eventos de ondas de montaña. En conclusión, la combinación de imágenes satelitales y técnicas de percepción remota, resaltando la clasificación supervisada, demostró ser una herramienta efectiva para identificar y analizar nubes lenticulares y ondas de montaña en el Valle de México.

CCA-36

TEZCATLIPOCA-UNAM: UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PRONÓSTICO EN TIEMPO CASI REAL DE LA TRAYECTORIA DEL HUMO DE INCENDIOS FORESTALES

Velasco Zavala Jorge Eduardo¹, Zavala Hidalgo Jorge¹, Jiménez Delgadillo Erika², Alonso Gamiño Anette², Romero Centeno Rosario¹ y Herrera Moro Dulce¹

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

²Facultad de Ingeniería, UNAM

je.velasco@atmosfera.unam.mx

El aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios forestales requiere la implementación de herramientas que permitan contar con pronósticos precisos y expeditos de la trayectoria y dispersión del humo asociado a estos eventos. En este contexto, presentamos una aplicación web desarrollada con este propósito, a partir de un módulo lagrangiano y empleando datos de viento del pronóstico WRF-UNAM. El sistema de pronóstico de trayectoria de humo de incendios es interactivo, en el cual el usuario ingresa las coordenadas aproximadas del foco del incendio y la hora de inicio de la simulación y obtendrá un mapa presentando la trayectoria que seguirá la pluma de humo a lo largo de las siguientes horas, hasta 72, a diferentes alturas sobre la superficie. Las salidas del pronóstico de la trayectoria y concentración de humos se despliegan en mapas interactivos, accesibles desde un navegador web y a través de una interfaz simple y amigable, aprovechando la modelación meteorológica de alta resolución con la que cuenta el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM. Esta flexibilidad facilita a los usuarios y autoridades la elaboración de escenarios. Entre los beneficios de este tipo de herramientas se puede mencionar la respuesta a emergencias, apoyo al pronóstico de la calidad del aire y brindar información para el sector transporte y para el público en general.

CCA-37

VISUALIZADOR DE IMÁGENES SATELITALES DE LA ATMÓSFERA, SUPERFICIE Y OCÉANO: AVANCES

Herrera Moro Dulce Rosario, Velasco Zavala Jorge Eduardo, Zavala Hidalgo Jorge, López Espinoza Erika Danaé, Cruz Santiago Pedro Damián y Domínguez Vargas Higicel
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 dulce.herrera@atmosfera.unam.mx

En el presente trabajo se muestran los avances en el desarrollo de una aplicación Web que despliega productos atmosféricos y oceánicos generados a partir de información satelital GOES16. Los productos creados permiten a los usuarios visualizar continuamente la ocurrencia de fenómenos atmosféricos y oceánicos, que ocurren alrededor del territorio mexicano. El procesamiento y análisis de imágenes satelitales se realiza utilizando librerías de Python mientras que la aplicación se desarrolla utilizando los frameworks de desarrollo web: Node.js en la backend y Vue.js en el frontend. Actualmente, los productos se generan a partir de información que se descarga del sensor Advanced Baseline Imager (ABI) del satélite geoestacionario GOES16 disponible en el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) que se encuentra en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sin embargo, se contempla la incorporación de más sensores y satélites. El desarrollo de este proyecto tiene la finalidad de generar productos útiles para apoyar las investigaciones del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, así como difundir la información a diferentes sectores de la población. Entre los productos que hasta el momento se pueden visualizar están: temperatura de superficie terrestre (LST), vapor de agua, masas de aire, temperatura de incendios, topé de nubes y color verdadero.

CCA-39

ESTIMACIÓN DE LA TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN INVERNAL EN EL ALTIPLANO MEXICANO

Pineda Martínez Luis F., Escalona-Alcázar Felipe de Jesús, Rodríguez-González Baudelio, Dzul García Oscar Antonio y Aguilar Ortega Francisco
Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ
 lpineda@uaz.edu.mx

La lluvia invernal en la región del centro y norte de México contribuye a las condiciones de humedad que prevalecen algunos meses durante el estiaje. Existen regiones del norte de México que es común la presencia de lluvias, caída de nieve y agua nieve asociada a la entrada de masas de aire frío de latitudes altas que convergen con flujos de humedad transportados principalmente por jets de niveles medios desde el Pacífico. Los datos de precipitación de invierno, considerando los meses de diciembre a marzo, muestran que en proporción para algunos años es comparable con la precipitación de verano del período de junio a septiembre, casi el 50% de la lluvia total anual. La variabilidad interanual de la precipitación es determinada en muchos casos por índices climáticos como ENSO, PDO y AMO. Estas oscilaciones influyen los gradientes de presión que determinan la dinámica de los patrones de flujos de humedad, en el norte de México y el centro y sur de los Estados Unidos de América. Para la región del Altiplano Mexicano, se obtuvieron datos de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional con series completas de 1980 a 2020. También se incluyen datos CHIRPS para el mismo periodo de tiempo. Las series de tiempo de precipitación fueron separadas en meses de invierno (DEFM) y verano (JJAS), se descartan los meses de estiaje. Se estimaron tendencias independientes de la precipitación acumulada. En los últimos años se ha observado una disminución de la cantidad de lluvia en el invierno, asociado a un invierno más cálido. En este trabajo se espera demostrar la hipótesis de una tendencia negativa de la precipitación invernal para esta región.

CCA-40

ALERTAMIENTO POR EVENTOS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA PARA LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO EMPLEANDO EL SISTEMA DE PRONÓSTICO METEOROLÓGICO DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Reyes Trujillo Guadalupe¹, López Espinoza Erika Danaé², Zavala Hidalgo Jorge², Fuentes Mariles Oscar Arturo³, Gómez Ramos Octavio⁴ y Romero Centeno Rosario²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

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

³Instituto de Ingeniería, UNAM

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

guadalupe_reyes@ciencias.unam.mx

Es sabido que el proceso de urbanización no sólo modifica y altera el paisaje natural y el clima regional, sino que también genera reducción en la infiltración y aumenta el escurrimiento de agua que puede dar origen a la ocurrencia de inundaciones. Desde la fundación del estado azteca sobre un sistema lacustre, se ha tenido siempre el riesgo por inundaciones. En el inicio, las inundaciones ocurrían por el aumento en el nivel de los lagos debido a las intensas precipitaciones. Actualmente, las inundaciones ocurren principalmente debido al relieve en que se encuentran las poblaciones, al hundimiento constante del terreno, al persistente crecimiento urbano, a la obstrucción del drenaje por basura, o a la fractura de este mismo por el hundimiento. Las inundaciones en las grandes ciudades son un

problema complejo que en la actualidad representa grandes pérdidas en términos humanos y económicos, es un evento difícil de prevenir, sin embargo, la intensidad de la precipitación, su duración y la frecuencia de sus eventos, pueden servir como indicadores de posibles eventos de inundación. Particularmente, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se ve afectada cada año por sistemas meteorológicos tropicales y de latitudes medias, siendo particularmente vulnerable a eventos hidrometeorológicos extremos. Lo anterior expone cada año al 17.3% de la población nacional, que reside en la ZMVM, a eventos de precipitación extrema con potencial de afectaciones por inundación. En este trabajo se definen umbrales de precipitación extrema para la ZMVM a partir de percentiles 90, 95 y 99 calculados desde datos observacionales de precipitación para un periodo de 1930 a 2020. Además, haciendo uso del pronóstico diario de precipitación emitido por el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático se define un alertamiento por eventos de precipitación extrema. Dicho alertamiento se desarrolla en una primera etapa a nivel subcuencia: Norponiente, Nororiente, Surponiente, Sororiente, Sur, Oriente y Drenaje Profundo. Este alertamiento puede apoyar a la toma de decisiones y ser considerado dentro de los planes de acción de prevención de protección civil en inundaciones. Agradecimiento: Esta investigación ha sido realizada gracias al Programa UNAM DGAPA-PAPIIT IT101823.

CCA-41

ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS CICLONES TROPICALES EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS RÍO PÁNUCO, RÍO TAMESÍ Y RÍO BRAVO – SAN JUAN, DURANTE EL PERIODO 1981-2022

Arteaga Martínez David de Jesús¹, Barcenas Castro Maydes² y Monzón César Octavio²

¹Universidad de Guadalajara, UDG

²Universidad de Guadalajara

davidarteaga.06@gmail.com

El presente trabajo es un avance de tesis de la Maestría en Ciencias en Hidrometeorología con Orientación en Oceanografía y Meteorología Física (Universidad de Guadalajara), cuyo objetivo es determinar las anomalías de precipitación en las cuencas hidrográficas de Río Pánuco (Veracruz y San Luis Potosí), Río Tamesí (Tamaulipas, Veracruz y San Luis Potosí) y Río Bravo – San Juan (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas), así como, su relación con la frecuencia y las trayectorias de los ciclones tropicales (CTs) durante el periodo de estudio 1981-2022. Asimismo, se pretende explicar la variabilidad interanual de los resultados a partir de patrones atmosféricos sinópticos e índices de variabilidad climática. Para cumplir el objetivo del estudio, se estableció una metodología que se describe a continuación: 1) validar la base de datos de precipitación de CHIRPS con registros de lluvia del SMN, 2) analizar las trayectorias de CTs (con la base de datos HURDAT2) durante el periodo de estudio para determinar cuáles de ellos afectaron la zona de estudio, con apoyo de imágenes satelitales y datos de precipitación del SMN y CHIRPS, 3) obtener la frecuencia anual de CTs que afectaron la zona durante el periodo de estudio, 4) estimar la menor distancia entre la trayectoria de los CTs y la zona de estudio, 5) calcular las anomalías de precipitación anual (PA) y precipitación inducida por ciclones tropicales (PCT), respecto a las normales climatológicas 1991-2020, para cada año del periodo de estudio, 6) obtener correlaciones entre frecuencia de CTs y las anomalías de PA, así como, entre las distancias de las trayectorias de CTs y la PCT, y 7) revisar los patrones sinópticos atmosféricos e índices climáticos presentes durante los CTs y establecer las relaciones con el comportamiento de estos últimos. Entre los resultados encontrados se muestra que la base de datos de CHIRPS es adecuada para realizar el estudio. Además, que la PA en las cuencas Río Pánuco y Río Tamesí depende en mayor medida de la PCT que en la cuenca Río Bravo – San Juan y que esta dependencia se ha incrementado en los últimos años. Por otro lado, se encontró que la frecuencia anual de CTs es más importante para las primeras dos cuencas, donde la relación ha crecido en los últimos años. Mientras tanto, las distancias de las trayectorias de los CTs a las cuencas estudiadas no determina la cantidad de precipitación que será inducida por el CT. Por último, se explica la variabilidad interanual de los resultados desde el comportamiento de patrones sinópticos como las sistemas de alta presión (principalmente del Atlántico Norte), el chorro de bajos niveles del Caribe y la Zona de Convergencia Intertropical, a su vez bajo la influencia de índices de variabilidad climática.

CCA-42

VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LOS EPISODIOS DE SEQUÍA METEOROLÓGICA EN JALISCO EN EL PERIODO 1981-2021

Peña Peña Leticia¹, Avalos Cueva David¹, Corrales Suastegui Arturo² y Octavio Monzón Cesar¹

¹Universidad de Guadalajara, UDG, CUCEI

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP
 leticia.pena8590@alumnos.udg.mx

La sequía, es uno de los eventos que afectan con mayor frecuencia el bienestar de los seres humanos. Cuando se extiende durante una estación o periodo hace que el agua disponible no sea suficiente para satisfacer las necesidades tanto del hombre como del medio ambiente. Diversos son los estudios realizados sobre este tema, pero dada la importancia que tiene y considerando que el cambio climático está aumentando la frecuencia, duración y severidad de las mismas, se hace necesario efectuar un estudio de la variabilidad climática de la sequía meteorológica en el estado de Jalisco. Por todo lo anterior, el presente trabajo,

que es un avance de tesis de la Maestría en Ciencias en Hidrometeorología con Orientación en Oceanografía y Meteorología Física (Universidad de Guadalajara), tiene como objetivo analizar el comportamiento de la variabilidad climática de los episodios de sequía meteorológica en Jalisco en el periodo 1981-2021. Como objetivos específicos se trazaron tres: 1) Evaluar el potencial de las bases de datos disponibles para el análisis de eventos de sequía meteorológica en Jalisco. 2) Caracterizar la distribución espacio temporal de los casos de sequía en el estado. 3) Analizar el impacto de las oscilaciones de gran escala en la variabilidad de dicho evento meteorológico (El Niño Oscilación del Sur). Para el cumplimiento de los mismos fue necesario establecer correlaciones entre las bases de datos utilizadas (CHIRPS y estaciones de CONAGUA) y aplicar para evaluar su eficiencia los estadígrafos the bias (BIAS), the root mean squared error (RMSE) y también se aplicó la prueba estadística t Student (p). Para el análisis de sequía se obtuvieron mapas de anomalías anuales y estacionales para identificar la sequía y por otra parte se determinó la frecuencia y área de cobertura de la sequía en el periodo de estudio. Como resultados se ha obtenido que CHIRPS es una adecuada herramienta para este tipo de estudios con alto grado de correlación con los datos de las estaciones de CONAGUA. En la mayoría de las regiones CHIRPS subestima la precipitación, aunque al aplicar la prueba t Student no resulta significativa en la mayoría de los casos. También se obtuvo que gran parte del territorio de Jalisco presenta condiciones de sequía moderada a través de los años, siendo las regiones costeras y los altos, las que presentan condiciones de sequía extrema.

CCA-43

CLIMATOLOGIA DE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA EN EL VERANO EN LA PENINSULA DE YUCATAN USANDO MONITOREO AUTOMATICO

Valdés Manzanilla Arturo y López-Ocaña Gaspar
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT
avmanzanilla@hotmail.com

Se realizó una climatología de los Sistemas Convectivos de Mesoescala en la Península de Yucatán en el verano usando un método de seguimiento automático y datos de imágenes del radar de Sabancuy Campeche, que tenían la presentación PPI y elevación de 05°, para determinar las principales características de estos fenómenos meteorológicos en esta región. La distribución temporal media mensual fue menor durante los meses de julio y agosto, coincidiendo con la canícula o sequía intraestival. Este estudio confirmó la ocurrencia casi diaria de Sistemas Convectivos de Mesoescala en esta región y una dirección de movimiento del Este y Sureste. La mayoría de sus trayectorias estaban concentradas en tierra, pero algunas trayectorias se dirigen hacia el Golfo de México, por lo que afectan la zona de las plataformas marinas de Pemex. Los sistemas convectivos de mesoescala comienzan a formarse al atardecer y terminan a la medianoche. La mayoría de ellos probablemente estén relacionados con el fenómeno de las brisas de la península de Yucatán.

CCA-44

PERSPECTIVA DE LA ENERGÍA EÓLICA MARINA EN MÉXICO: UN ANÁLISIS BASADO EN WRF Y PROYECCIONES CLIMÁTICAS DEL CMIP6

Meza Carreto Jaime¹, Romero-Centeno Rosario²,
Figueroa Bernardo³, Moreles Efraín⁴ y López Carlos¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
³Instituto de Ingeniería, UNAM
⁴Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
jjmeza@atmosfera.unam.mx

Este estudio aborda, de manera integral, el potencial de la energía eólica marina en México. Para lograrlo, se emplea el modelo numérico regional Weather Research and Forecasting (WRF) e información proveniente del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6, por sus siglas en inglés). Se analizaron salidas del modelo WRF generadas para un periodo de 38 años (1979-2018), con el propósito de identificar zonas marítimas en México que presentan un potencial eólico que varía de moderado a bueno. Como resultado, se identificaron tres regiones clave: el Golfo de Tehuantepec, la zona marítima frente a las costas de Yucatán y la zona marítima frente a la costa norte de Tamaulipas. Adicionalmente, se recopiló información de 47 modelos climáticos del proyecto CMIP6 y, a través de la estimación de métricas estadísticas, se compararon los promedios mensuales de la rapidez del viento obtenidos con dichos modelos y los obtenidos con las salidas del modelo WRF, considerándose como línea base, para el periodo histórico 1985-2014. Con base en los resultados de este análisis, se seleccionaron los modelos del CMIP6 que mostraron una mejor correspondencia con las salidas del modelo WRF para cada una de las tres regiones de interés. Con esta selección, se analizaron las proyecciones a futuro del potencial eólico para los periodos de 2040-2069 y 2070-2099, considerando el promedio de los modelos CMIP6 seleccionados para cada región. Este análisis proporciona información valiosa para la toma de decisiones en el aprovechamiento de la energía eólica marina en México, al permitir una comprensión más amplia del potencial energético en las diferentes regiones marítimas del país.

CCA-45

ANÁLISIS TEMPORAL DE CAMPOS DE VIENTO Y PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE ZACATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

Morales Acoltzi Tomás¹ y Bernal Morales Rogelio²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

acoltzi@atmosfera.unam.mx

La estación meteorológica de Zacatlán considerada como urbana, se encuentra aproximadamente a 160 m. del parque hundido, el cual es un forzante local que influye en las variables climáticas. Se analizaron los campos de viento y precipitación cada diez minutos del periodo 2016 a 2022, considerando experimentos numéricos a diferentes escalas en el tiempo. El objetivo es analizar el comportamiento de las variables con forzantes locales. La estación meteorológica de Zacatlán ubicada sobre la Sierra Madre Oriental en el estado de Puebla con coordenadas Longitud Oeste: 97° 57' 46.68", Latitud Norte: 19° 55' 33.86" y con una Altitud de 2,046 msnm. Se analizó desde el punto de vista de Minería de Datos, es decir, los datos los transformaremos en información y, en una primera etapa, a lo más propondremos una hipótesis. Con este enfoque se invierte la dinámica del método Científico, es decir, no podemos probar la hipótesis con los mismos datos. Se realizaron rosas de vientos y de precipitación haciendo énfasis en los valores "extremos" a escala anual y mensual. Lo que nos permitió identificar el inicio de la estación de lluvias y la sequía intraestival, principalmente. Resalta la conclusión del análisis: la complejidad en su dinámica por la interacción de diferentes escalas activadas por los forzantes locales.

CCA-46

CLIMATOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y VAPOR DE AGUA EN EL SUR-SURESTE DE MÉXICO USANDO DATOS MODIS

Mendoza Aguilar Brenda Yutziny¹, Carbajal Pérez Noel¹ y Pineda Martínez Luis F.²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ

brenda.mendoza@ipicyt.edu.mx

La región Sur de México, ubicada entre el Golfo de México, el Mar Caribe y el Golfo de Tehuantepec, presenta características complejas de terreno con planicies costeras y elevadas barreras montañosas. Además, exhibe una vegetación abundante y variada que incluye pastizales, selvas y bosques, características que favorecen el proceso de Evapotranspiración (ET). En este estudio se presenta la distribución espacio-temporal de la ET y del vapor de agua a lo largo de veinte años (2002-2021); se analizó cómo y en qué grado la vegetación puede aportar vapor de agua a la formación de nubes convectivas y posterior precipitación. Para esta tarea, se procesaron imágenes satelitales de ET, vapor de agua e índices de vegetación NDVI y EVI del sensor MODIS, en combinación con datos en malla de precipitación mensual del Grupo de Riesgos Climáticos y Sistema de Precipitación Infrarroja de Estaciones (CHIRPS por sus siglas en inglés), de temperatura mensual de la Unidad de Investigación Climática (CRU por sus siglas en inglés), así como con datos diarios de precipitación y temperatura de estaciones climatológicas de la región de estudio. Se analizaron cuatro subregiones con diferentes tipos de vegetación (selva perenne, selva caducifolia, bosque y pastizal) con el fin de identificar el comportamiento de la ET de forma específica, para las cuales se obtuvieron promedios mensuales, estacionales y anuales, así como las anomalías de los mismos periodos. Se encontró que, a lo largo del año y principalmente durante el verano, los valores máximos de ET se presentaron sobre la región con selva perenne, región que también presentó los valores de precipitación más altos de la zona. Mientras tanto, los valores mínimos de ET se observaron en la región con selva caducifolia, principalmente durante la primavera, y que a su vez corresponde a la zona con los valores de precipitación más bajos.

CCA-47

ESTIMACIONES DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA EN EL GOLFO DE CORTÉS PARA USO EN ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Baruch Vera Aranza Elizabeth, Tejeda Martínez Adalberto y Castro Díaz Jaime Omar

Universidad Veracruzana, UV

vera.aranza@gmail.com

Con la finalidad de obtener tendencias que muestren posibles cambios/variaciones de la humedad atmosférica en el Golfo de Cortés, México, se estimaron datos de humedad relativa, así como de humedad absoluta. La estimación de dichas variables hígricas fue debido a que se carece de datos de ellas en la zona, por lo que para que obtenerlas, se utilizaron los datos diarios y mensuales de temperatura máxima y temperatura mínima de cuatro localidades: Bahía de Kino (28.82°N, 111.93°W y 2 msnm) y San Isidro (28.82°N, 111.65°W y 30 msnm) en Sonora y, El Barril (28.30°N, 112.88°W y 20 msnm) y Bahía de los Ángeles (28.60°N, 113.55°W y 4 msnm) en Baja California. Se obtuvieron las tendencias anuales y de los meses representativos enero, abril, julio y octubre de temperatura (máxima, mínima y promedio), así como de la humedad absoluta del periodo 1956-2016. Para la estimación de la humedad absoluta se consideró la hipótesis de humedad relativa invariante. Las

estimaciones de datos hídricos de Bahía de los Ángeles se validaron con mediciones de una estación meteorológica automática del Servicio Meteorológico ubicada en ese sitio. Se encontró, de manera general, que en la localidad de Bahía de los Ángeles la tendencia de la temperatura media anual es negativa, mientras que en las localidades de Bahía de Kino, El Barril y San Isidro la tendencia de la temperatura media anual es positiva. Respecto a las tendencias de humedad absoluta, los cuatro puntos presentan tendencias positivas, siendo San Isidro la localidad donde se obtuvieron las tendencias de mayor magnitud.

CCA-48

INFLUENCIAS DE FENÓMENOS CLIMATOLÓGICOS A GRAN ESCALA DEL PACÍFICO Y ATLÁNTICO EN EL CRECIMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO DE UN BOSQUE DE CONÍFERAS EN EL SURESTE DE MÉXICO

Gutiérrez-García Genaro y Ricker Martin
Instituto de Biología, UNAM
 genaro.gutierrez@gmail.com

En este estudio, se analiza la influencia del clima y los fenómenos climatológicos a gran escala como son, "El Niño" (ENSO), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) en el crecimiento primario (copa) y secundario (radial-tronco) en un bosque tropical de coníferas de pino tropical (*Pinus oocarpa*) en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas en el sureste México. Se emplearon datos satelitales locales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y mediciones de anchuras de anillos de árboles para analizar el crecimiento primario y secundario, respectivamente. Ambas variables se correlacionan positivamente con la precipitación, el NDVI para el periodo marzo a mayo ($r = 0.56$) y la anchura de anillo de enero a junio ($r = 0.63$). La temperatura máxima se correlaciona negativamente con el NDVI para el periodo junio a julio ($r = -0.55$) y para el ancho de los anillos de los árboles para el mes de junio ($r = -0.55$). El Índice de Oscilación del Sur indicador de la actividad (ENSO) se correlaciona positivamente con el NDVI y el ancho de anillos ($r = 0.54$ y 0.42 , respectivamente), mientras que la PDO negativamente ($r = -0.5$ y -0.38 , respectivamente). La AMO se correlaciona positivamente con el NDVI y el ancho de anillos ($r = 0.57$ y 0.38 , respectivamente). El crecimiento de copa (NDVI) y el crecimiento radial (anchura de anillo) se correlacionan positivamente de abril a julio ($r = 0.44$), cuando ambos tipos de crecimiento reanudan su actividad al mismo tiempo, lo que sugiere que los carbohidratos producidos en la copa benefician el cambium vascular tejido encargado del crecimiento radial. La relación entre el crecimiento de *Pinus oocarpa* con los índices climatológicos a gran escala ocurre de forma indirecta por la influencia que ejercen estos sobre el clima local y regional.

CCA-49

TENDENCIAS DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA EN ALTURA SOBRE MÉXICO: DIAGNÓSTICO PRELIMINAR, ESTUDIOS A FUTURO Y ESCENARIOS ANTE CAMBIO CLIMÁTICO

Castro-Díaz Jaime Omar, Tejeda-Martínez Adalberto,
 Baruch-Vera Aranza y Ojeda-Ramírez Mario Miguel
Universidad Veracruzana, UV
 omcastro293@gmail.com

Dado que el vapor de agua efectúa aproximadamente el 60% del efecto invernadero en la Tierra y ante un constante calentamiento atmosférico global, se busca detectar las tendencias temporales de la humedad atmosférica, expresada como agua precipitable y temperatura, en 14 estaciones de radiosondeo a lo largo del territorio mexicano, para el periodo comprendido entre 1973 a 2022, a partir de datos diarios de radiosondeos a las 12Z. Lo anterior, con el objetivo de evaluar el grado de relación entre los cambios observados en la temperatura y el agua precipitable. En principio, se han obtenido tendencias de agua precipitable, bajo la metodología de Mann-Kendall, para tres lugares del país. Los resultados preliminares muestran que en un sitio continental la tendencia incrementó 0.08 mm/década durante el periodo analizado; en uno de costa, la tendencia de agua precipitable indica un aumento de 0.24 mm/década; y en un lugar de características desérticas el vapor de agua tendió al decremento en -0.11mm/década. Dichas tendencias no necesariamente corresponden a lo que sugieren los escenarios globales de cambio climático, por lo que, una vez calculadas las tendencias para los 14 sitios, se pretende estimar los escenarios ante cambio climático con base en los resultados obtenidos.

CCA-50

PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO DE EXTREMOS DE LLUVIA Y TEMPERATURA PARA MÉXICO

Ramos Esteban Ernesto¹, Colorado Ruíz Gabriela² y Cavazos Pérez María Tereza¹

¹ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

² Universidad Veracruzana, UV

ramos-ernesto@cicese.edu.mx

Estudios a escala global indican que ha habido un aumento de eventos climáticos extremos debido al calentamiento global, los cuales podrían intensificarse en el futuro. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es analizar los posibles cambios futuros de seis índices climáticos extremos (ICE) de precipitación y seis de

temperatura en México, el sur de los Estados Unidos y Centro América. Dichos cambios se analizan bajo dos escenarios de Vías Socioeconómicas Compartidas, uno de bajas emisiones (SSP2-4.5) y otro de altas emisiones (SSP3-7.0), y para tres periodos, corto plazo (2021-2040), mediano plazo (2041-2060) y largo plazo (2080-2099). Para el análisis se utilizaron los ICE de diez Modelos de Circulación General (MCG) del Proyecto de Intercomparación de Modelos Climáticos, fase 6 (CMIP6), obtenidos del Servicio de Cambio Climático Copernicus. Para evaluar el desempeño de los MCG se utilizó el reanálisis ERA5 como referencia de las observaciones de datos diarios de temperatura y precipitación para calcular los ICE regionales del periodo histórico 1981-2010. Los resultados de las proyecciones indican que en la mayor parte de las regiones del dominio de estudio se podrían presentar incrementos en la temperatura extrema de hasta 5° C y que, dependiendo la región la precipitación extrema se podría incrementar entre un 10 y 30 %. Este estudio es el primer trabajo que analiza los cambios futuros de índices extremos del CMIP6 en todo México y Centro América.

CCA-51

LAS METAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI Y LOS UMBRALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL ALREDEDOR DE LOS 3 °C

Gay y García Carlos y Sánchez Meneses Oscar C.
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 cgay@unam.mx

Desde hace años, con metas cada vez más ambiciosas, se han estado proponiendo objetivos de mitigación de gases de efecto invernadero, los cuales no han sido cumplidos o cumplidos muy parcialmente, por lo que el transcurso del tiempo ha obligado a establecer nuevos objetivos cada vez más ambiciosos y exigentes, sobre todo, a partir del acuerdo de París (COP 21, diciembre de 2015). En este acuerdo se propuso mantener el incremento en la temperatura media global de la superficie de nuestro planeta (DTg) muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y, más aún, hacer los esfuerzos correspondientes para que dicha temperatura no rebasara 1.5 °C, así se reducirían mucho los efectos del calentamiento global proyectado para el año 2100. Los objetivos de mitigación han sido planteados con respecto a las emisiones globales CO₂ y CO₂ equivalente en general, pero en 2021 (COP 26 Glasgow, Escocia) se agregaron propuestas específicas que consideraban la reducción de emisiones de metano (CH₄), de modo tal que alcancen nivel cero en próximas décadas. En una presentación anterior, se analizó el resultado de proponer escenarios de emisiones de GEI que lleven a los objetivos de temperatura DTg de 1.5 y 2°C utilizando trayectorias lineales y poligonales cuya acción de mitigación inicia a partir de las emisiones proyectadas para el año 2030. Esto nos permitió proyectar los años en que las concentraciones de CO₂ y CH₄ deberían alcanzar el nivel cero o mínimo para ambos objetivos. Dado que resulta muy difícil alcanzar los objetivos de 1.5 y 2 °C (tan solo para 2 °C sería necesario alcanzar emisiones netas cero de CO₂ antes del año 2065), en este trabajo se presentan los resultados de analizar otros escenarios poligonales de emisiones GEI que permitan alcanzar objetivos de DTg de 2.5 y 3.0 °C que serían menos exigentes y, paralelamente, estimar las dificultades que se tendrían de seguir retrasando la implementación de medidas de mitigación efectivas a escala global. A partir de esta información, se elaboran modelos de inferencia difusa (tipo Mamdani) para relacionar emisiones de CO₂ y CH₄ de 2030 con las de 2100 para 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 °C. Con los resultados de dichos modelos se puede mostrar, de manera sistemática, el comportamiento de la incertidumbre asociada a las proyecciones de las emisiones de CO₂ y CH₄ lo que facilita de forma determinante la toma de decisiones. Hemos usado los escenarios de emisiones de GEI publicados por el grupo de Evaluación Integrada y Cambio Climático del IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) para verificar la pertinencia de los escenarios poligonales usados en este trabajo.

CCA-52

¿PODRÁ CUMPLIR LA ZMVM CON LA AGENDA 2030 ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y CRECIENTE VULNERABILIDAD HÍDRICA?

Olvera Fuentes Norma Elizabeth, Gay García Carlos y Sánchez Meneses Oscar C.
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 norma.olvera@atmosfera.unam.mx

El acuerdo más ambicioso pactado hasta hoy en la historia del desarrollo de las sociedades humanas, se firmó en el año 2015 cuando los Estados miembros de la ONU, incluido nuestro país, aprobaron la resolución "Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible". Comprometiéndose con ello a transitar en un tiempo límite de 15 años hacia un desarrollo a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, reconociendo a la erradicación de la pobreza como el mayor desafío por enfrentar. El gobierno de México ha implementado diversos mecanismos para cumplir con esta agenda, publicando en el año 2019 la "Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 en México" como parte del Programa Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024. A casi 6 años de que venza el plazo pactado para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la pregunta ineludible es: ¿lograremos cumplir a nivel nacional con la Agenda 2030? Concretar la Agenda 2030 a nivel nacional requiere como condición necesaria alcanzar los ODS regionalmente, como lo es, en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), territorio que destaca por su estratégica importancia tanto a nivel

nacional como internacional. Esta región enfrenta impactos por cambio climático que exacerban problemáticas derivadas de una creciente vulnerabilidad hídrica. Ante estas condiciones, la finalidad de esta investigación es evaluar si la ZMVM podrá cumplir con la Agenda 2030. Puesto que los ODS conforman un conjunto de elementos ineludiblemente interrelacionados, se establece que el conjunto de los 17 ODS conforma un sistema complejo. Como un primer acercamiento a este sistema, se consideran los ODS relativos sólo al sector social expresados en términos de conceptos o nodos, estos son: incremento de la pobreza (O1); decremento en la salud y bienestar (O3); decremento en la calidad y acceso a la educación (O4); decremento en la igualdad de género (O5); decremento en el acceso a agua limpia, calidad y saneamiento (O6); aumento de la desigualdad (O10); decremento en la sostenibilidad de las comunidades (O11); incremento de problemáticas sociales, ambientales, económicas y de gobierno (O16). Para llevar a cabo el estudio de la dinámica, este subsistema complejo se empleó el marco teórico metodológico de los mapas cognitivos difusos (MCD). Dos escenarios se exploraron, el primero fue considerar una creciente vulnerabilidad hídrica, para lo cual el concepto O6 se "encendió" con el máximo valor de 1, este se mantuvo como forzante a lo largo de las sucesivas iteraciones hasta que el vector de estado convergiera a un punto fijo. Para el segundo escenario, además de considerar el factor de una creciente vulnerabilidad hídrica, se consideraron los impactos del cambio climático, caracterizados por: incremento de la temperatura (C1); decremento en la precipitación (C2); aumento de eventos climáticos extremos (C3). Para este segundo escenario, O6 y C1 se mantuvieron como forzantes con el valor de 1. En ambos casos se observa que, de no construirse una seguridad hídrica robusta ante los impactos del cambio climático, la ZMVM no podrá cumplir con la Agenda 2030.

CCA-53

SEQUIAS METEOROLÓGICAS EN EL DOMINIO CORDEX-CAM DURANTE EL PRESENTE Y POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS CON EL MODELO CLIMÁTICO REGIONAL REGCM4.7

Andrade Gómez Luisa¹, Cavazos Tereza¹ y Kretschmar Thomas²

¹Departamento de Oceanografía Física, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

andrade@ccicse.mx

Las sequías son una de las catástrofes naturales que generan mayores pérdidas económicas y ecológicas por sus efectos en cascada tanto en México como en el mundo. En este trabajo se identifican las sequías meteorológicas históricas (1981-2010) en el dominio de CORDEX-CAM (Centro América, México y el Caribe) con distintas bases de datos observacionales (CRU, CHIRPS y ERA5-Land) y las simulaciones del Modelo Climático Regional RegCM versión 4.7 (RegCM4.7). Las sequías son definidas con el índice estandarizado de la precipitación a 12 meses (SPI-12) y el de la precipitación y evapotranspiración (SPEI-12) y analizadas con distintas métricas de las características de las sequías. Los cambios a futuro son evaluados a mediano (2021-2050) y largo plazo (2071-2100) bajo los escenarios RCP2.6 y RCP8.5. Las bases de datos observacionales muestran patrones similares de sequías con algunas diferencias entre éstas principalmente sobre Centroamérica y con patrones bien definidos en el SPEI-12. El RegCM4.7 simula adecuadamente los patrones espaciales y la variación temporal cuando es forzado con ERA-Interim, pero aumenta la simulación de extremos y los sesgos en las métricas de la frecuencia, duración y severidad de los patrones espaciales de la sequía cuando es forzado con los tres modelos globales (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR y GFDL-ESM2M). El ensemble (RegGCMs) reduce los extremos en las métricas de sequía, aunque sobreestima/subestima en distintas áreas con mejor simulación de la duración y la severidad en el SPEI-12. Las sequías son proyectadas a futuro con menor frecuencia, pero mayor severidad bajo el escenario RCP8.5 con el SPEI-12 sobre gran parte del CORDEX-CAM, más extremas para final del siglo 21th. Se resalta la importancia de utilizar el SPEI como medida de las sequías.

CCA-54

DATAPINCC: GEOPORTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPACTOS

Calderón Bustamante Oscar¹, Estrada Porrúa Francisco², Rojas Sánchez

Carlos¹, Velasco Vinasco Julián A.¹ y González Salazar Constantino¹

¹ICAYCC - UNAM

²PINCC - ICAYCC - UNAM

calderon@atmosfera.unam.mx

El Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) se ha embarcado en la creación de un Geoportal llamado DATA-PINCC. Este Geoportal tendrá la capacidad de almacenar, visualizar, procesar y difundir información geográfica relacionada con diversos sectores, como recursos naturales, medio ambiente y aspectos socioeconómicos. Entre las variables clave que se abordarán en estos sectores se encuentran las climáticas, de cambio climático, biofísicas, socioeconómicas, macroecológicas y de salud, entre otras. Estas variables serán generadas a través de la colaboración entre los diferentes sectores de investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el PINCC. El Geoportal DATA-PINCC consistirá en un sistema integrado por varios componentes, destacando la capacidad de procesamiento y análisis de datos en tiempo real para su descarga, el

Atlas de información geográfica, facilitará la toma de decisiones frente a los impactos del cambio climático a escalas tanto global como regional. Gracias a esta plataforma, será posible crear escenarios que contemplen posibles desastres, emitir recomendaciones para tomar decisiones oportunas y establecer medidas efectivas de prevención y mitigación ante los desafíos del cambio climático.

CCA-55

AN ETHICAL FRAMEWORK FOR CLIMATE INTERVENTION RESEARCH, EXPERIMENTATION AND DEPLOYMENT

Shimamoto Mark, Lachance Janice y Williams Billy

American Geophysical Union, AGU

mshimamoto@agu.org

Climate change is a global threat. As such, scientific and technology organizations and funders are increasingly devoting attention and resources to climate intervention research and, in some cases, already pursuing large-scale testing. Climate intervention measures include carbon dioxide removal (CDR) and solar radiation modification (SRM). The U.S. National Academy of Sciences and many other authoritative bodies have called for "a code of conduct" and governance structure to guide the research, potential scaling, and possible deployment of these intervention measures. Additionally, the U.S. Government and the European Union has increased their research capacity to help assess the benefits and risks of potential approaches for SRM. This presentation will discuss a global initiative facilitated by AGU to help establish and gain support for an ethical framework to help guide such efforts climate intervention research efforts. Preliminary proposed ethical framework principles, developed through broad trans-disciplinary input and guided by a global advisory board, have recently undergone public comment period. This presentation will discuss current status of this initiative and include various practical, ethical and governance considerations of potential climate intervention technologies to be considered before deciding potential scaled deployment of such measures – including climate justice considerations and representation.

CCA-56 CARTEL

ASSESSMENT OF A SEASONAL PRECIPITATION FORECASTING SCHEME BASED ON THE USE OF MULTIPLE LINEAR REGRESSION AND BIAS CORRECTION OF A GROUP OF PREDICTORS

Ferrer Hernández Adrián Luis, González Pedro, Sierra Maibys y Bezanilla Arnoldo

Instituto de Meteorología, INSMET

aluisflh@gmail.com

The work evaluates a methodology for seasonal precipitation forecasting based on the use of multiple linear regression and bias correction of a group of predictors. The selection of these predictors is based on the results of a study conducted in parallel to the current work, both carried out within the framework of the "Sin-Sequía"; project, led by the Cuban Meteorological Institute. Firstly, an intercomparison of bias correction methods applied to the mean of the ensemble members of the ECMWF model (version 5) is presented for seasonal prediction in the Caribbean Sea area. For this purpose, variables such as sea-level pressure, outgoing longwave radiation (OLR), 850mb level temperature, sea surface temperature, and monthly accumulated precipitation up to a 6-month range are considered. ERA5 reanalysis data are used for bias adjustment calibration, and for precipitation, the GPM-3IMERGM product is utilized for the period 2000-2016. Once the variables from the ECMWF model are corrected, the implementation of a multiple linear regression model that employs the mentioned group of predictors follows. Evaluation metrics include error analysis (BIAS, MAE, RMSE) as well as Pearson correlation. Verification results for the period 2017-2021 are analyzed for the entire study area and also for a smaller region over Cuba. Additionally, the added value of the post-processing performed is compared with respect to the precipitation forecast provided by the global model. The impact of the obtained results on the forecast of monthly precipitation accumulation anomalies during the verification period is also examined. The findings of this work will enable the implementation of this methodology in the rest of the global models provided by the C3S data service, as well as the ability to obtain probabilistic forecasts from the multi-model ensemble of global scale.

CCA-57 CARTEL

POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ONDAS DE MONTAÑA EN EL VALLE DE MÉXICO

Villalobos García Jessica Roxana¹, Ortiz Villalva Jimena¹ y Ramos Musalem Karina²

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, UAMI

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

jesicavillalobos@gmail.com

Las ondas de montaña son oscilaciones del viento en el lado sotavento de una barrera topográfica que pueden incrementar la turbulencia en la atmósfera, contribuir al transporte de calor, humedad y dispersión de contaminantes, y además tienen la posibilidad de causar dificultades a los pilotos que se encuentren cerca. A pesar de su importancia, estos eventos no han sido estudiados en detalle en el Valle de México, a pesar de que la Ciudad de México cuenta con diversas zonas montañosas de gran altitud en sus alrededores. Este trabajo se enfocó en determinar el potencial de generación de ondas de montaña en la zona del Valle de México. Para ello,

se utilizaron las salidas del modelo numérico para el pronóstico y la investigación meteorológica para el centro de México del grupo de Interacción Océano-Atmósfera del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM. De estas salidas, se seleccionaron un total de 30 puntos de la malla del modelo ubicados en las cimas del volcán Popocatepetl, Iztaccihuatl, el Cerro de Tláloc y la sierra del Ajusco. Se determinaron la dirección y velocidad del viento que entra y sale del valle, así como los perfiles verticales de temperatura y humedad. Mediante el cálculo del parámetro de Scorer, reglas empíricas para la velocidad del viento y diagramas de temperatura, se encontró que en los meses de junio, julio y agosto existe una mayor probabilidad de formación de ondas de montaña en el lado este del valle, con base en las condiciones meteorológicas. Por otro lado, en diciembre, enero y febrero hay mejores condiciones para la formación de ondas de montaña en el lado oeste. Además, se llevó a cabo una búsqueda de evidencia fotográfica de nubes lenticulares, ya que son indicadores de ondas de montaña, en noticias y redes sociales. Se identificó y caracterizó un evento el 7 de julio de 2022 aplicando las técnicas mencionadas anteriormente.

CCA-58 CARTEL

IMPACTO TÉRMICO DE LOS CUERPOS DE AGUA PROYECTADOS EN EL PARQUE ECOLÓGICO LAGO DE TEXCOCO

López Espinoza Erika Dana¹, Zavala Hidalgo Jorge¹, Rivera-Martínez Saulo L.¹ y Hernández Rosas Nahuilín²

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

²Facultad de Ingeniería, UNAM

danae@atmosfera.unam.mx

Los cuerpos de agua urbanos mejoran el microclima de una región. Comprender los impactos atmosféricos de los cuerpos de agua recuperados bajo el Proyecto Ecológico Lago de Texcoco (PELT), al oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), contribuirá en un mejor entendimiento de esta estrategia de mitigación enfocada en favor de la población. El proyecto PELT busca una restauración ecológica que implica la revegetación, reforestación y la recuperación de humedales artificiales y naturales, así como la conservación y mantenimiento de lagunas. Particularmente, la recuperación de los cuerpos de agua dentro del PELT representa una oportunidad de mitigación a diversas problemáticas ambientales que enfrenta la población de la zona, como las altas temperaturas y la alta concentración de partículas suspendidas en el aire. En este trabajo se presenta el impacto en la temperatura del aire y de la superficie del escenario proyectado de cuerpos de agua temporales y estacionales en el marco del proyecto PELT haciendo uso del modelo Weather Research and Forecasting. El escenario proyectado fue elaborado a partir de información del documento MIA-R Proyecto Ecológico Lago de Texcoco. En la simulación del escenario proyectado se configuró una profundidad diferencial de los cuerpos de agua de entre 2.3 m (Nabor Carrillo), 1.5 m (los otros cuerpos de agua permanentes) y 0.5 m (las charcas temporales estacionales). El período de simulación comprendió del 2 de mayo a las 02 al 7 de mayo a las 02 de 2022. La resolución horizontal del dominio de simulación que comprende el área del PELT fue de 500 m. A partir de las simulaciones numéricas se observa que las condiciones de uso de suelo previas a la recuperación natural en el PELT tienen asociada una mayor temperatura del aire y de la superficie, aumentando la vulnerabilidad de los residentes de la región de Texcoco ante la exposición al calor. De acuerdo a nuestros resultados de simulación la temperatura del aire sobre los lagos recuperados disminuirá hasta en 1.20°C y la de la superficie hasta en 7.60°C, considerando el escenario simulado más optimista. La importancia de estrategias de mitigación a corto y largo plazo, como el PELT, deben guiar a la prosperidad de una región, buscar el bienestar de la población y un desarrollo urbano respetuoso de la naturaleza en donde habita. Esta investigación ha sido realizada gracias al proyecto "Identificación de procesos meteorológicos y climáticos que favorecen las concentraciones altas de ozono en la ZMVM y emisiones de COVs y NOx asociadas: diagnóstico y propuestas", SECTEI/168/2022.

CCA-59 CARTEL

ANÁLISIS DEL INTERCAMBIO DE MASAS DE AIRE ENTRE LA CIUDAD DE MÉXICO Y ZONAS ADYACENTES

Alonso Gamiño Anette¹, Jiménez Delgadillo Erika¹, Zavala-Hidalgo Jorge², Osorio Tai María Elena¹ y Romero Centeno Rosario²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

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

anette.alonsogamino@gmail.com

La zona metropolitana del Valle de México, es la metrópoli más grande y poblada del país, así como una de las más grandes del mundo. Debido a la cantidad de personas que habitan en el área es de gran importancia estudiar la conectividad de las masas de aire de la región y como los patrones de movimiento de los vientos pueden influir en el transporte y dispersión de contaminantes durante períodos de tiempo determinados, por lo que este trabajo se enfocó en determinar de qué zonas provienen las masas de aire de la Ciudad de México, CDMX, usando como ejemplo los meses de febrero a mayo de 2019; así como en identificar el tiempo estimado de transporte de estas desde su origen hasta la llegada al punto de interés ubicado en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. Para el desarrollo se implementó un modelo lagrangiano de dispersión de partículas inertes considerando la componente zonal y meridional de los vientos provenientes del

pronóstico WRF-UNAM utilizando un esquema de solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias con el método de Euler para un paso de tiempo de 360 segundos, generando trayectorias hacia atrás en el tiempo. Las simulaciones se llevaron a cabo utilizando campos de viento a diferentes niveles verticales dentro de la capa límite. Se encontró que en niveles cercanos a la superficie, las distancias son considerablemente menores y un importante ciclo diurno. La conectividad en menos de 24 hrs incluye los estados de México, Hidalgo y Morelos principalmente, pero también de Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Puebla y Veracruz, aunque con menor frecuencia.

CCA-60 CARTEL

ANÁLISIS DE LOS PATRONES DIURNOS DE LA CONECTIVIDAD DE LAS MASAS DE AIRE DE LA CDMX PARA LA TEMPORADA DE OZONO DEL AÑO 2019

Jiménez Delgadillo Erika Guadalupe¹, Alonso Gamiño Anette¹, Zavala-Hidalgo Jorge², Osorio Tai María Elena¹ y Romero Centeno Rosario²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

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

erika.jimenez@ingenieria.unam.edu

Se analiza la variación diurna de las trayectorias de parcelas de aire que llegan a la CDMX, en particular al campus de Ciudad Universitaria de la UNAM. Para una mejor comprensión de las fuentes de contaminantes, su desplazamiento y las reacciones químicas que ocurren a lo largo de la trayectoria, es de suma importancia conocer mejor la variabilidad diurna de los vientos y las trayectorias de las parcelas de aire. Para el desarrollo de este trabajo se analizaron las trayectorias de partículas inertes con períodos de anticipación crecientes de 1 a 24 horas a lo largo del día y a diferentes niveles verticales de la atmósfera, para los meses de febrero, marzo, abril y mayo de 2019. Las posiciones se obtuvieron con la implementación de un modelo lagrangiano de dispersión de partículas considerando la componente zonal y meridional de los vientos provenientes del pronóstico WRF-UNAM, utilizando un esquema de solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias con el método de Euler, con un paso de tiempo de 360 segundos, generando trayectorias hacia atrás en el tiempo. Entre los resultados obtenidos se encontró que las masas de aire dominantes varían su dirección en forma significativa a lo largo del ciclo diurno y son diferentes para cada mes. Durante la noche y la mañana el área de influencia es mayor, es decir las masas de aire provienen de zonas más alejadas. También se encontró que las trayectorias del sur son más frecuentes durante la mañana y las del norte durante la tarde. Entre las 11:00 hrs a las 16:00 hrs (horario local) los vientos son más débiles, las parcelas provienen de regiones más cercanas y las concentraciones de partículas son más altas, siendo este comportamiento general para todos los niveles estudiados, mostrando la presencia de un ciclo diurno.

CCA-61 CARTEL

LOS ALTOS NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO EN ZONAS URBANAS ¿INTENSIFICAN O INHIBEN LOS EVENTOS EXTREMOS DE LLUVIA Y GRANIZO?

Torres Víctor M., Ladino Luis y Raga Graciela

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

vtpuente@gmail.com

Es bien conocido el hecho de que la presencia de partículas de aerosol impacta en la formación de nubes así como también en la precipitación. Es de esperarse entonces que los altos niveles de contaminación en las zonas urbanas, ya sea por partículas originadas dentro de la misma, o transportadas de regiones alejadas asociadas con la quema de biomasa, incidan directamente en los procesos microfísicos de precipitación y formación de granizo. El presente trabajo analiza el impacto de la microfísica para el evento de Mayo de 2019, donde los niveles de contaminación en la Ciudad de México se elevaron debido al transporte de quema de biomasa originado en la Sierra Madre Occidental. Se presenta el análisis de la situación sinóptica, y se evalúa cómo distintos esquemas microfísicos y sus características impactan en la cantidad de precipitación y granizo durante dicho evento. Los resultados obtenidos también sugieren un esquema de modelado en tiempo real para la correcta simulación de eventos de precipitación extrema en la Ciudad de México y su área conurbada.

CCA-62 CARTEL

FORMACIÓN DE NUBES ASOCIADA A RADIACIÓN COSMICA GALACTICA

González Hernández Dylan Elyk y Pola Simuta Cosme

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

dylan_gonzalezhrn@uanl.edu.mx

Los rayos cósmicos han sido partículas que por miles de años han bombardeados nuestra atmósfera. Siendo su principal característica el amplio rango de energía que cubren. Se descubrió que los rayos cósmicos causaban cambios en el clima y la biota. Debido a esto se propuso que podía existir una correlación entre los rayos cósmicos galácticos y la formación de nubes de baja atmósfera.

CCA-63 CARTEL

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE BAJO COSTO PARA MEDIR LA EXPOSICIÓN TÉRMICA EN LA MOVILIDAD URBANA POR EL EFECTO DE ISLA DE CALOR DE LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

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

La urbanización es un proceso mediante el cual se modifica el espacio físico y socio-económico, que genera numerosos problemas ambientales, como el fenómeno de la Isla de Calor Urbana (ICU), que es la diferencia de temperatura entre el área urbana y sus alrededores, como consecuencia de la modificación en la cobertura del suelo hacia suelos con materiales retentores de calor como asfalto y concreto, aunado a las actividades propias de una ciudad principalmente el transporte y la industria que aportan emisiones térmicas incrementando la ICU. En Tuxtla Gutiérrez (TGZ), desde el 2015 se ha estudiado la ICU de la Ciudad, en la cual se ha determinado que la zona urbana presenta una diferencia térmica de 3 a 4 °C en relación a zonas con mayor vegetación (Pérez-Villatoro, 2015), así mismo se ha modelado la relación de la expansión urbana con el aumento en la intensidad de la ICU, determinando un aumento de hasta 2.6°C (Zavaleta-Palacios et al., 2020). Lo anterior nos lleva a conocer la exposición térmica a la que se enfrenta la población en su movilidad urbana, la cual puede causar efectos negativos a la salud como es el estrés térmico, ante ello se realiza un monitoreo de temperatura ambiental en tres tipos de movilidad, que son transporte público, privado y caminata, cuyo objetivo es determinar el índice de confort térmico (ASV) y establecer recomendaciones sobre las medidas para reducir dicho impacto. Se realizó en dos etapas, en la primera se desarrolló un dispositivo electrónico de bajo costo que registra la temperatura y humedad; la segunda, es la campaña de monitoreo empleando el dispositivo sobre la vialidad principal en los tres tipos de movilidad y así determinar el ASV. Como resultado se obtuvo un dispositivo modular (REMOTH) con la capacidad de almacenar datos de temperatura y humedad en intervalos de tiempo, así mismo, se acopló al dispositivo móvil para geolocalizar los puntos de muestreo. La campaña de monitoreo arrojó que el transporte público presenta un índice ASV de 0.67, la movilidad por caminata 0.53 y para la movilidad en vehículo particular fue de 1, siendo un valor aceptable de ASV entre -0.5 y 0.5. Se concluye que el ASV se sobrepasa en todas las movilidades, exponiendo a la población a estrés térmico, deshidratación, fatiga o golpes de calor, y esto puede deberse a factores como la cantidad de personas transitando, condiciones meteorológicas y la vegetación presente en la vialidad, este último toma relevancia al considerarse como una forma de mitigación al efecto de la ICU.

CCA-64 CARTEL

APLICACIÓN DEL MODELO U-WRF PARA LA EVALUACIÓN DE LA MITIGACIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANO DE LA CDMX A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE LAGOS EN EL VASO DEL EX-LAGO DE TEXCOCO: RESULTADOS PRELIMINARES

Zavaleta Palacios Mariana, Jazcilevich Diamant Arón,
 Almanza Veloz Víctor y García Reynoso José Agustín
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 mariana.zavaleta@comunidad.unam.mx

En la CDMX, la Isla de Calor Urbano (ICU) alcanza intensidades de 10°C (Ballinas, 2011), lo cual, influye en la meteorología local y agrava los problemas de salud (Córdova Sáez, 2011; Oke et al., 2017). A través de modelación numérica, se ha concluido que una de los principales factores del aumento de la temperatura local es la extinción del Lago de Texcoco (Jazcilevich et al., 2000; Ruiz-Angulo & López-Espinoza, 2015). Sin embargo, todavía no se cuenta con estudios en donde se emplee un modelo de alta resolución espacial para el análisis de la mitigación del fenómeno ICU de la CDMX a través de cuerpos de agua. Así mismo, Jazcilevich et al. (2015) proponen que una regeneración lacustre mediante un sistema de lagos en la Zona Federal del ex-Lago de Texcoco (ZFLT) podría modular la temperatura local en algunas zonas de la ciudad. Con base en lo anterior, se empleó el modelo WRF-urban a 500 m de resolución con el esquema de Zonas Climáticas Locales (LCZ por sus siglas en inglés) con la finalidad de evaluar con mayor precisión la mitigación de la ICU de la CDMX. Durante la temporada de estiaje, se generaron escenarios de las condiciones actuales meteorológicas y urbanas, y del cambio de uso de suelo en la ZFLT propuesto por Jazcilevich Diamant et al. (2015). REFERENCIAS Ballinas, M. (2011). Mitigación de la isla de calor urbana a partir de la vegetación arbórea. Universidad Nacional Autónoma de México. Córdova Sáez, K. (2011). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre - 2009, marzo - 2010. Terra. Nueva Etapa, XXVII, 95-122. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72121706005> Jazcilevich, A., Fuentes, V., Jauregui, E., & Luna, E. (2000). Simulated Urban Climate Response to Historical Land Use Modification in the Basin of Mexico. *Climatic Change*, 44(4), 515-536. <https://doi.org/10.1023/A:1005588919627> Jazcilevich Diamant, A., Siebe Grabach, C., Estrada, C., Aguillón, J., Rojas, A., Chávez García, E., & Sheinbaum Pardo, C. (2015). Retos y oportunidades para el aprovechamiento y manejo ambiental del ex lago de Texcoco. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 67 (2) (ISSN-e

1405-3322), 145-166. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5295954> Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476> Ruiz-Angulo, A., & López-Espinoza, E. D. (2015). Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 215-225. <http://www.jstor.org/stable/24921472>

CCA-66 CARTEL

RECUPERACIÓN DE LA COLUMNA VERTICAL DE CO2 A PARTIR DE ESPECTROS DE ABSORCIÓN SOLAR CON EL CÓDIGO GFIT

Hernández Pérez Edwin Yael, Stremme Wolfgang, Bezanilla Alejandro y Grutter Michel
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 edyanape@gmail.com

El CO2 es el gas de efecto invernadero más importante, y es el principal responsable del forzamiento radiativo antropogénico, teniendo una gran repercusión en el cambio climático, motivo por el cual es necesario mantener un monitoreo y pronóstico del comportamiento del ciclo de carbono, para poder incidir y mitigar sus efectos, por este motivo se necesitan de mediciones de muy alta precisión y en la red de monitoreo atmosférico Total Column Carbon Observing Network (TCCON) se ha desarrollado una metodología para hacer mediciones con estas características, sitio donde se obtienen columnas de diferentes gases de efecto invernadero entre ellos el CO2. Desde el año 2012 se han recopilado espectros de alta resolución de absorción solar en el observatorio atmosférico Altimoni (4000 m.s.n.m) colocado 60 km sureste de la ciudad de México y desde abril de 2023 se comenzaron a medir espectros en la Ciudad de México con un nuevo instrumento adquirido para poder formar parte oficialmente de TCCON. En este proyecto se analizarán los espectros medidos con el nuevo instrumento, además de los 10 años de mediciones anteriormente capturadas en Altimoni, con el fin de cumplir con los requerimientos de la red TCCON. Por lo cual se hará uso del software llamado GGG, que es el código oficial de recuperación empleado por esta comunidad, además se harán análisis de los espectros recuperados anteriormente en Altimoni al igual que los correspondientes análisis de tendencia y variabilidad de CO2 en el centro de México y las diferencias entre las mediciones de Altimoni y la Ciudad de México.

CCA-67 CARTEL

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE METANO Y SU TENDENCIA EN LA ZONA CENTRO DEL VALLE DE MÉXICO

Bezanilla Morlot Alejandro, Stremme Wolfgang, González del Castillo Eugenia, Luis Alejandro Luis Alejandro y Grutter Michel
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 abezanilla@atmosfera.unam.mx

El metano es uno de los gases de efecto invernadero más importantes, ya que presenta un potencial de calentamiento global 25 veces superior al CO2 en un periodo de 100 años. Es debido a la mayor abundancia del CO2 (200 veces más abundante que el Metano) que este ocupa el primer lugar en importancia en entre los gases de efecto invernadero. Además, este gas es uno de los que presenta un mayor incremento en su concentración atmosférica y esto se debe a que la mayor parte de este es producida por actividades antropogénicas. Otro aspecto por el cual el metano ha ganado importancia es debido a que tiene un tiempo de vida alrededor de 10 años, por este motivo es un gas de efecto de invernadero de vida corta, lo cual significa que de lograr reducir la emisión de este los efectos se podrían apreciar en un "corto" tiempo. Por estos motivos es de suma importancia conocer la concentración de este gas y su tendencia. El grupo de Espectroscopia y Percepción Remota del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) realiza mediciones de absorción solar en el infrarrojo, las cuales permiten determinar la columna de varios gases de efecto invernadero. En este trabajo se muestra la serie de tiempo de la concentración de este gas obtenida de las mediciones en dos estaciones, una ubicada en el campus de la UNAM y otra en el parque nacional IZTA-POPO, una zona protegida.

CCA-68 CARTEL

APLICACIÓN DE BASES DE DATOS RELACIONALES PARA SERIES DE TIEMPO DE DATOS METEOROLÓGICOS Y DE CONTAMINANTES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Yañez-Casas Gabriela Aurora¹, Vargas-Martínez Francisco Javier¹, Hernández-Gómez Jorge Javier², López-Balcázar Carlos Alberto¹, Rosas-Palacios Alan¹ y Casillas-Aviña Gael Emiliano¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas

²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial

gyanezca@ipn.mx

Es bien sabido que en distintas áreas de las Ciencias de la Tierra, la lectura de datos y medición de variables para estudios específicos pueden llegar a adquirir dimensiones significativas, dificultando el procesamiento y análisis de conjuntos de datos masivos. Este es el caso de las Ciencias Atmosféricas, y en particular de los datos meteorológicos y de contaminantes y gases suspendidos en la atmósfera en la Ciudad de México, mismos que se encuentran disponibles a través del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT). Los registros horarios de las series de tiempo registradas en el SIMAT, considerando distintas variables adquiridas en diferentes

estaciones meteorológicas repartidas a lo largo de la Ciudad de México, consisten en registros masivos que juntan mas de 300 millones de entradas, convirtiéndola en un conjunto de datos que es imposible manejar mediante herramientas convencionales como hojas de cálculo o editores de texto plano. La posibilidad de mejorar la manera en que se tratan cantidades masivas de datos es un área con diversas oportunidades de aplicación, ya que representa una considerable reducción de trabajo al mismo tiempo que permite organizar la información de manera lógica y precisa. En este trabajo se propone la implementación y uso de bases de datos relacionales para poder gestionar dichos datos mediante el lenguaje de consultas SQL, lo que permite un acceso veloz y prácticamente en tiempo real a bases de datos altamente masivas en las Ciencias de la Tierra. Se ejemplifica su uso a través de un manejador de bases de datos relacionales así como su conexión con Matlab (R).

CCA-70 CARTEL

IMPACTO DE LA COVID-19 EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA URBANA DE MONTERREY, MÉXICO

Schiavo Benedetto¹, Morton Bermea Ofelia¹, Arredondo Palacios Thania Elizabeth², Meza Figueroa Diana³, Robles Morua Agustín⁴, García Martínez Rocío⁵, Valera Fernández Daisy¹, Inguaggiato Claudio¹ y González Grijalva Belem³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

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

³Departamento de Geología, Universidad de Sonora

⁴Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora

⁵Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica

y de Educación Superior de Enseñanza, Baja California

benedetto@atmosfera.unam.mx

Durante el 2020 con la pandemia por la COVID-19, las órdenes de aislamiento y la disminución de desplazamientos, junto con la paralización de la actividad industrial, causaron efectos directos en el medio ambiente. Esta pandemia generó una condición excepcional que permitió analizar un escenario único mostrando algunos impactos positivos en ambientes urbanos al reducir la actividad humana y mejorar la calidad del aire a nivel local y global. El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es la segunda aglomeración urbana más grande de México y es considerada uno de los principales centros económicos e industriales del país. La movilidad en esta ciudad registró una fuerte disminución durante la fase de restricciones impuestas por el gobierno local, especialmente en las actividades recreativas y en el transporte público y privado. La única variable que incrementó durante las restricciones fue la movilidad residencial, principalmente debida al programa "quédete en casa" y al teletrabajo. Este estudio proporciona un análisis estadístico de los datos de calidad del aire en el AMM monitoreados por el Sistema Integrado de Calidad del Aire (SIMA). La variabilidad de algunos contaminantes atmosféricos (SO₂, NO₂, O₃, CO, PM₁₀ y PM_{2.5}) se evaluó durante el 2020 en tres diferentes periodos: pre-Lockdown (del 1° de enero al 31 de marzo), Lockdown (del 1° de abril al 31 de mayo) y post-Lockdown (del 1° de junio al 31 de julio). Las diferentes etapas del 2020 se compararon con un periodo de control de tres años anteriores (2017-2019). Los datos de NO₂ recolectados por las estaciones de monitoreo se validaron con imágenes satelitales e indicadores de movilidad. Los resultados mostraron una disminución drástica en los contaminantes medidos durante el periodo de confinamiento: SO₂ (#41.9 %), PM₁₀ (#30.5 %), PM_{2.5} (#25.6 %), NO₂ (#14.9 %) y CO (#9.8 %) en comparación con el periodo de control (2017-2019). El O₃ fue el único contaminante que mostró una tendencia opuesta, aumentando su concentración durante el confinamiento (+15 %). Además, utilizando los datos del satélite OMI/AURA, se detectó una reducción de la columna troposférica de NO₂ (-1.9 %) durante el confinamiento con respecto al intervalo de control. Nuestros hallazgos indican una asociación entre los contaminantes del aire y la actividad económica y pueden usarse en futuras estrategias para acelerar la transición hacia economías resilientes y sociedades más conectadas con la naturaleza que protejan la salud humana y el medio ambiente.

CCA-71 CARTEL

DID THE ACTIVITY OF THE POPOCATÉPETL VOLCANO ON MAY 2023 AFFECT THE AIR QUALITY OF THE CITY OF PUEBLA AND THE METROPOLITAN AREA, INCLUDING THE MUNICIPALITY OF ATLIXCO?

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, González Hernández Julio César, Barrientos Cruz Salomón, Álvarez Ramos Luis Eduardo, De Román Mello Zahira, Aguilar Marín José Guillermo, García Valiente Marco, Bailón Severiano Iris Kristal, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz Francisco Martín y Juárez Torres José Ángel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

jose.gonzalezguevara@correo.buap.mx

In this opportunity we report measurements of atmospheric pollutants in Puebla City, including those registered during the period characterized by intense volcanic activity from Popocatepetl volcano on May 2023. We used the measurements of the stations belonging to the City's Atmospheric Monitoring Network of Puebla (REMA, by its Spanish acronym). The data show that during the analyzed period, those volcanic emissions affected the air quality, increasing the indexes of pollution. We analyzed the results obtained according to the Mexican Official Norm and we can conclude there is a general increase in the concentration of criteria pollutants during volcanic activity, locally affecting Puebla City and the metropolitan zone. Similarly, in the municipality of Atlixco a serious environmental affectation was reported. Preliminary reports from state authorities established that at 6:00 p.m. on May 21, the limits

recommended by the standard, for PM-10 and PM-2.5 particles, was well above reference values. Key words: Popocatepetl, May 2023 volcanic activity, REMA, Puebla City, Atmospheric pollutants

CCA-72 CARTEL

ESTUDIO DE LAS ANOMALÍAS EN LAS PRECIPITACIONES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Burgos May Luis Ivan, Montes Aréchiga Jorge Manuel y Avalos Cueva David

Universidad de Guadalajara, UDG

luis.burgos8338@alumnos.udg.mx

La península de Yucatán se encuentra en el sureste mexicano, es una zona que ha experimentado en los últimos años un gran crecimiento demográfico y es vulnerable a la ocurrencia de inundaciones durante la temporada de lluvias. Las anomalías en las precipitaciones están relacionadas con cualquier aumento o disminución de esta variable con respecto a lo regular, esto varía según la zona y época del año. En este trabajo, se realizó un análisis de las anomalías en las precipitaciones ocurridas en la Península de Yucatán de 1981 al 2020. En primer lugar, se obtuvo la climatología de la precipitación, se calcularon los promedios mensuales y el promedio anual, en estos se observa una mayor ocurrencia de precipitación al sureste y suroeste de la península con valores máximos de 7.9 mm y se tiene que el periodo húmedo ocurre entre los meses de mayo y octubre, se observa un comportamiento bimodal con dos máximos a finales de mayo (9.3 mm) e inicios de octubre (9.1 mm), con una disminución en julio asociada con la sequía intraestival. Con el propósito de obtener la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones en la zona se calcularon los primeros cuatro modos del análisis de Componentes Principales o Funciones Empíricas Ortogonales. El análisis de Funciones Empíricas Ortogonales mostró un claro descenso en la costa norte mientras que en la parte temporal se destacan picos que coinciden con ciclones tropicales que atravesaron la península. El modo 1 explica el 40% de la variabilidad y está asociado a la componente anual y de 4 meses; el modo 2 explica el 10.1% de la variabilidad y está asociado a las componentes anual y semianual; el modo 3 explica el 6.3% de la variabilidad y está asociado a las componentes anual, semianual y de 3 meses; por último, el modo 4 explica el 4.5% de la variabilidad y está asociado a las componentes anual, semianual, de 4 meses y de 2 meses.

CCA-73 CARTEL

A GAN MODEL TO INCREASE THE GPM ESTIMATED PRECIPITATION RESOLUTION OVER CUBA

Rosquete Estevez Aleida¹, Sánchez Rodríguez Arlen², Gómez Lino Thalía², González Jardines Pedro Manuel¹ y Sierra Lorenzo Maibys¹

¹Instituto de Meteorología, INSMET

²Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, INSTEC

alerosquete2000@gmail.com

Generative Adversarial Networks (GANs) have been used in meteorology as a tool capable of generating high resolution images, both to complete or generate synthetic data sets and to increase the resolution of real data. In this paper we designed an artificial intelligence model using such a neural network to increase the resolution of estimated precipitation data from the Global Precipitation Measurement (GPM) satellite over Cuba. The GPM data has a spatial resolution of approximately 10 km, while the high spatial resolution data obtained from the stations network of the National Institute of Hydraulic Resources (INRH) has a resolution of approximately 3 km. The capacity of the conditional GANs was employed to generate as output a ten member ensemble that takes into account the uncertainty of the forecast. The model evaluation was performed for monthly accumulated precipitation. Overall, this approach has the potential to provide more accurate and detailed precipitation estimates for Cuba.

CCA-74 CARTEL

A HYBRID MODEL EVALUATION BASED ON SUPERVISED LEARNING SCHEMES APPLIED TO SEASONAL PRECIPITATION FORECASTING

González Jardines Pedro¹, Sierra Lorenzo Maibys², Ferrer Hernández Adrián¹, Bezanilla Morlot Arnoldo¹ y Rosquete Estevez Aleida¹

¹Instituto de Meteorología, INSMET

²INSMET, Cuba

pedro.met90@gmail.com

This research proposes a dynamic-statistical model design for generation of seasonal precipitation forecasts. The methodology used obtains data on potential predictors from the forecasts generated for periods of one month by the general circulation atmosphere model developed by the European Center (ECMWF). These predictors are extracted with a monthly time step and feed a principal component regression model that uses precipitation as a predictand. The precipitation observations used in the training of models and the evaluation of forecasts are extracted from a national grid desing that is built with monthly accumulated data registered by the network of meteorological and pluviometric stations of the country. Three regression schemes (linear, linear with nearest neighbor, and vectors support) as well as two different training windows (20 years and 6 months) are evaluated. The evaluation metrics used include error analysis (BIAS, MAE, RMSE), correlation,

and dichotomous analysis. The results indicate that the ECMWF, although it represents the characteristics of annual precipitation cycle in Cuba, leads to a marked underestimation of monthly accumulated. The hybrid model manages to correct this difficulty but tends to overestimate the precipitation in the dry period of the year and to delay the appearance of the first precipitation peak that usually occurs in May. The non-linear schemes represented by the vectors support lead to most realistic forecasts but with short training windows. The study suggests that the use of selected predictors as individual members of an ensemble leads to increase the added value of the proposed scheme.

CCA-75 CARTEL

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LA CUBIERTA NUBOSA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Mondragón Rodríguez Román Damián¹, Gay García Carlos¹,
Riveros Rosas David² y Alonso Montesinos Joaquín Blas³

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

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Universidad de Almería, España

romanmr@igeofisica.unam.mx

Describir la variabilidad de cubierta nubosa a través del tiempo sobre zonas potenciales para el aprovechamiento de la energía solar, así como, en zonas geográficas con tendencias claras a ser susceptibles ante los efectos del cambio climático, permite obtener un importante estudio de investigación, el cual puede ser reproducido en diversas zonas de estudio, de las cuales el objetivo principal sea generar electricidad por medio de fuentes renovables como la energía solar o definir futuras acciones que favorezcan su desarrollo social, a partir de identificar patrones o correlacionar diversas magnitudes físicas como son: La radiación solar global, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, entre otros, con la variación porcentual de la presencia de nubes. Mediante el uso de imágenes de cámara de cielo, se plantea un modelo que hace diferencia entre diferentes tipos de nubes con el cielo a nivel de píxeles y a su vez se desarrolla un análisis estadístico asociado a series de tiempo, determinando de esta forma posibles tendencias o variaciones del porcentaje de la cubierta nubosa a través del tiempo. En este sentido se pueden describir posibles razones asociadas a este comportamiento y las posibles consecuencias sobre escenarios de cambio climático entorno al aprovechamiento de la energía solar sobre la zona de estudio.

CCA-76 CARTEL

UNA NUEVA CLIMATOLOGÍA DEL VALLE DE PEROTE, VERACRUZ

Ochoa Martínez Carolina Andrea, Welsh Rodríguez Carlos Manuel y Tapia Santos Berenice
Universidad Veracruzana, UV
orac8a@gmail.com

En los últimos 7 años gracias a un proyecto de investigación colaborativo entre el sector privado, a través de la Empresa Granjas Carroll de México y la Universidad Veracruzana representando el sector público, se ha establecido una red de monitoreo meteorológico cuyo propósito es analizar las condiciones atmosféricas de la zona con fines de atención a las actividades de la empresa y su relación con las actividades de la población de la región. La red de estaciones fue diseñada cumpliendo los criterios técnicos establecidos por las Normas oficiales mexicanas (NOM), con los requisitos de calidad de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la CONAGUA, asegurando una operación continua, eficaz y generando datos con estándares de calidad, además de contar con un plan de mantenimiento y operación responsable. De la climatología de la zona, la presencia de eventos extremos de temperatura y precipitación, factores sociales como el diseño y puesta en marcha de un libramiento carretero, así como las actividades agrícolas y forestales que se realizan habitualmente en la zona y los efectos globales del calentamiento global es de esperarse que haya diferencias significativas y contrastadas entre la climatología y las tendencias actuales, razón por la cual se realizaron análisis estadísticos en los datos de la nueva red con la climatología de la zona, eliminando la condicionante de cambio climático, con la intención de observar si existe la posibilidad de señales de un cambio mayor (positivo o negativo) que ayuden a observar que la climatología del valle está sufriendo modificaciones, los resultados de la etapa preliminar están siendo evaluados asociados a variables ambientales por alertas diversas, por ejemplo la presencia de vectores en el sector agrícola y en el sector salud, si bien se trata de un estudio de caso, es indispensable pensar los análisis ante presencia de vectores que están condicionados por el clima en las zonas de montaña como una alerta temprana de un futuro incierto.

CCA-77 CARTEL

VARIABILIDAD SUBESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LAS CUENCAS DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON VARIABLES OCEANOGRÁFICAS Y METEOROLÓGICAS DE GRAN ESCALA

Trujillo Rojas Katia Denis¹ y Zavala-Hidalgo Jorge²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

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

katia.trujillo@atmosfera.unam.mx

Se estudia la variabilidad subestacional de la precipitación en las cuencas de México y su relación con las anomalías a gran escala de variables meteorológicas y oceánicas que las preceden, mediante el uso de métodos estadísticos y de inteligencia artificial. Estudios previos muestran que es posible explicar un porcentaje importante de la varianza e identificar los patrones que afectan una región. En este estudio, se busca extender dicha metodología a diferentes escalas temporales y enfocarlo a escala espacial de cuenca hidrográfica.

CCA-78 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA EN EL CENTRO DE MÉXICO DURANTE EL PERIODO 1961-2021

Durango Mendoza Fernando Alexis¹, Trujillo Rojas Katia², Zavala-Hidalgo Jorge³, Romero Centeno Rosario³ y Osorio Tai María Elena¹

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

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

fernando.durango@ingenieria.unam.edu

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es de gran importancia debido a que en ella habitan más de 20 millones de personas, además de sus características económicas, sociales, ambientales, políticas y culturales, las cuales se ven manifestadas en la rápida y muy dinámica vida diaria. En las últimas décadas la población se ha incrementado de manera importante, dando como resultado un crecimiento desordenado de las zonas urbanas y ocasionando cambios en el clima de la región. Las consecuencias no solo afectan a la CDMX, también a los estados vecinos que, debido a su cercanía, están adoptando un ritmo de vida similar al de la zona conurbada del Valle de México. Para caracterizar la variabilidad de la temperatura se utilizaron datos diarios de las temperaturas máxima y mínima de distintas redes de observación, incluyendo Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs), Estaciones Sinópticas Meteorológicas Automáticas (ESMAS), Observatorios Meteorológicos y Estaciones Climatológicas Convencionales, todas las anteriores pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional. También se usaron datos de la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET) de la Dirección de Monitoreo Atmosférico de la CDMX y del Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU) del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM. A partir de esos datos se generaron mapas diarios de la temperatura para el centro de México para el periodo 1961-2021, que se utilizaron para determinar la climatología anual y mensual, la temperatura decadal, las anomalías decadales, tendencias e incrementos de la temperatura anual, así como la caracterización de días cálidos, noches frías, heladas y olas de calor. A los datos se les aplicó un control de calidad que incluyó varios procesos, desde el análisis de la serie de datos hasta la consistencia espacial con sus vecinos considerando el lapse rate. A partir de los mapas generados, se calcularon las tendencias y variaciones decadales y se encontraron zonas con incremento o decremento de la temperatura. Se encontró que los incrementos en la temperatura mínima son mayores que los de la temperatura máxima, indicando que cada vez estamos presenciando menos temperaturas bajas y no necesariamente más temperaturas cálidas. Se encontró también que el número de noches frías ha disminuido, principalmente en las dos últimas décadas.

CCA-79 CARTEL

CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS DE CALOR EN EL NORTE DE MÉXICO

Zúñiga Villarreal Constanza y Cavazos Pérez María Tereza

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
czuniga@cicese.edu.mx

Las Olas de Calor (OC) son eventos sinópticos que se caracterizan por periodos prolongados de temperaturas excepcionalmente altas que impactan directamente en la salud y bienestar de la sociedad y los ecosistemas. Por ejemplo, durante la reciente OC del 1 al 22 de junio de 2023 en México y el centro sur de Estados Unidos, se documentaron aproximadamente 157 fallecimientos asociados al calor excesivo en México (Secretaría de Salud, 2023), resaltando la gravedad de estos eventos. Además de los efectos en la mortalidad, las OC también inciden en la calidad de vida de las personas, la infraestructura urbana y el uso de la energía y el agua. En el contexto del calentamiento global, hay una alta probabilidad de que la intensidad, frecuencia y duración de las OC aumentarán y podrían ser más severas a escala global (IPCC, 2023). El objetivo general de este trabajo es comprender mejor la dinámica de estos eventos y sus características espaciales y temporales

en el Norte de México. Para esto, primero se va a analizar la tendencia general y los casos más extremos de diversos índices de OC estacionales y anuales, durante el período 1981-2023 con datos de ERA5-Land. Después se van a determinar las características atmosféricas promedio y anómalas de las OC diurnas, nocturnas y húmedas con datos tanto de ERA5-Land como del reanálisis ERA5.

CCA-80 CARTEL

COMPRENDIENDO EL CONFORT TÉRMICO EN EL ESTADO DE YUCATÁN: INTERACCIÓN ENTRE VEGETACIÓN Y ATMÓSFERA - RESULTADOS PRELIMINARES

Zavala-Reyes Juan C., Martínez Navarrete Gerardo,
Mariño Tapia Ismael y Enríquez Ortiz Cecilia
Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Mérida
juan.zavala@enesmerida.unam.mx

Se ha proyectado que el 55% de la población mundial que vive en zonas urbanas aumentará a 68% (seis mil millones aprox.) para el 2050, donde América Latina y el Caribe serán de las regiones más urbanizadas (81%). Con esto se espera que más extensiones de tierra serán urbanizadas para proveer de las necesidades básicas (p.ej. energía, agua) a la población. Para México, en especial el estado de Yucatán, debido a su expansión urbana, crecimiento poblacional, clima y ubicación geográfica, es necesario comprender los impactos adversos y esperados por el crecimiento de las zonas urbanas y por el cambio climático global, como las altas temperaturas y el posible impacto sobre la calidad del aire. La exposición al confort térmico es un parámetro importante debido al aumento de la exposición a temperaturas extremas tanto de los habitantes de zonas urbanas como de zonas rurales. El estrés térmico impacta en la salud y el bienestar de las personas, donde diversos factores se han considerado para su estudio, como el tipo y cantidad de vegetación. Para estudiar y comprender con mejor detalle este problema se plantea un sistema de modelación, el cual integra un modelo atmosférico y un módulo de confort térmico. Mediante el sistema de modelación se examina el rol de diversas variables (p.ej., meteorológicas y locales) sobre el confort térmico en zonas locales urbanas y rurales de una región tropical.

CCA-81 CARTEL

SISTEMA DE MULTIPRODUCTOS METEOROLÓGICOS PARA LA REGIÓN DEL CERRADO BRASILEÑO

Dominguez Chovert Angel¹, R. de Freitas Saulo², Longo Karla Maria³, Rodrigues Da Silva Souza Leandro³, De Azeredo França Daniela¹, Soares Moreira Demerval⁴, Medeiro Feitosa Otavio¹, Ferreira Manuel Eduardo⁵, Rodrigues Luiz Flávio² y Ferrer Adrián L.⁶

¹Centro de Excelência em Estudos, Monitoramento e Previsões Ambientais do Cerrado, CEMPA-Cerrado

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

³Centro de Excelência em Agricultura Exponencial

⁴Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

⁵Universidade Federal de Goiás

⁶Instituto de Meteorologia de Cuba

chovert89@gmail.com

En las últimas décadas se ha observado un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Esta situación, que está relacionada a causas naturales pero es principalmente consecuencia del impacto agresivo de la actividad antropogénica sobre los procesos atmosféricos, viene provocando grandes pérdidas económicas y de vidas humanas. Es en ese contexto que aumenta la necesidad de creación de estrategias y de realización de acciones que contribuyan de forma más específicas con los procesos de adaptación y mitigación. Ante esa necesidad es que surge el Centro de Excelencia en Estudios, Vigilancia e Previsiones Ambientales del bioma Cerrado (CEMPA-Cerrado) asociado a la Universidad Federal de Goiás, Brasil, con el objetivo de ser un polo de investigación, innovación y creación de productos que contribuyan con el aumento de la eficiencia de las actividades económicas en la región y, por tanto, de una forma indirecta con la conservación del bioma Cerrado. El objetivo de este trabajo es mostrar a la comunidad académica internacional el conjunto de productos que ha sido implementado dentro del CEMPA-Cerrado, así como las perspectivas futuras de desarrollo. Esos productos incluyen previsiones meteorológicas con el modelo de previsión numérica de tiempo de área limitada Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modelling System (BRAMS), utilizando diferentes dominios de integración e incluyendo los conocimientos específicos que se tienen sobre la región y relacionados con las características de usos de suelo, relieve, entre otros. Junto con la previsión se ha desarrollado un sistema de remoción de errores sistemáticos y un proceso de previsión por conjunto (ensemble) considerando diferentes miembros donde las variaciones entre ellos se encuentran en las configuraciones de la parametrización de microfísica de nubes utilizada. Un producto asociado con la previsión de la calidad del aire en regiones urbanas está en fase final de implementación. Este último producto, junto con otros ya disponibles, como el de seguimiento de áreas con incendios, constituyen parte de la vigilancia que es realizada en el centro.

Sesión regular

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Organizadores

Diego Ruiz Aguilar
Favio Cruz Hernández
Mario Fuentes Arreazola

EG-1

MÉTODOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS DE ALTA DENSIDAD PARA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA CON FINES ARQUEOLÓGICOS EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DEL CERRO Y BARRIO DE LA CRUZ, SAN JUAN DEL RÍO, QUERÉTARO

García Serrano Alejandro¹, Ortiz Osio Manuel¹, Velasco Lindero Miguel Ángel¹, Peña Gaspar Valeria¹ y Fenoglio Limón Fiorella²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Centro INAH Querétaro
agarcia@unam.mx

Dentro del marco de colaboraciones institucionales entre el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FI UNAM), se realizó una serie de levantamientos geofísicos con el objetivo de aportar información relevante para la localización de anomalías asociadas a zonas de interés arqueológico. Estos estudios tuvieron por objetivo reducir la incertidumbre al elegir sitios para llevar a cabo excavaciones. Para el método magnético se realizaron cinco malladas con separación entre estaciones y entre líneas de 1 [m], la adquisición se llevó a cabo usando un gradiómetro de bombeo óptico de Cesio. El método eléctrico aplicado fue la Tomografía de Resistividad Eléctrica en tres dimensiones (TRE 3D) usando arreglos tipo Wenner-Schlumberger de líneas paralelas y ecuatoriales, cubriendo una zona de 46x80 [m] con 21 líneas separadas a 4 [m] y separación electródica de 2 [m], área coincidente con una de las malladas de magnetometría. Los levantamientos eléctricos y magnéticos aplicados se diseñaron para ser de alta resolución o densidad, ya que los objetivos son relativamente pequeños y someros. Los resultados muestran anomalías correlacionables con lo esperado arqueológicamente, concluyendo en que la aplicación de los métodos geofísicos de alta densidad ayuda a la determinación espacial de objetivos con características que pueden dificultar su hallazgo, como son sus dimensiones y su cercanía a la superficie terrestre.

EG-2

EMPLEO DE LA TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA MULTIFUENTE EN EXPLORACIÓN GEOFÍSICA SOMERA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Angeles Rojo Yosselin Lizbeth¹, Tejero Andrade Andrés², Cifuentes Nava Gerardo³, Maldonado Blanca⁴, Rétiz Mario⁴, Sotomayor Sandoval Sebastian⁵, Garduño Soto Aide Samantha², Sandoval Quintana Osiris⁵ y Ramírez Barrón Carlos⁵

¹Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM²Facultad de Ingeniería, UNAM³Instituto de Geofísica, UNAM⁴Colegio de Michoacán⁵Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM
yosselin.angeles@hotmail.com

Al sur de Uruapan, Michoacán se encontraron indicios de asentamientos coloniales y prehispánicos. En el Lienzo de Jicalán, uno de los manuscritos más importantes de la región, se describe que una de las actividades económicas más importantes de la región era la extracción y tratamiento de cobre. Tras dos campañas arqueológicas se localizaron zonas con presencia de escoria de este mineral. De acuerdo con estos antecedentes se realizaron dos campañas de prospección geofísica somera, con el objetivo de localizar los hornos utilizados en la fundición de cobre. En la primera campaña se llevó a cabo un estudio de magnetometría usando la técnica de gradiente vertical, para realizar un reconocimiento regional de la zona arqueológica. Con base en los resultados se llevó a cabo una segunda campaña donde se aplicó la técnica de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE2D) y Polarización Inducida (PI). Para el procesamiento de los datos en primera instancia se realizó un preprocesado de los datos usando el filtro Savitzky – Golay de cuarto orden (SG), mientras que para interpretación de los datos de magnetometría se utilizaron los mapas de gradiente vertical. Por otro lado, para los datos de eléctrica se obtuvieron secciones invertidas de TRE2D y PI usando el software EarthImager.

EG-3

APLICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES CON SEGUNDAS DIFERENCIAS DE POTENCIAL EN EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Tovar Janette y López Aide

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

janettetovarj@gmail.com

Se realizó un estudio de exploración geofísica geoelectrica en corriente continua, para caracterizar el subsuelo y el nivel freático de la reserva ecológica conocida como Cantera de la Reserva de Pedregal de San Ángel (REPSA), en la alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. Esta zona se caracteriza por tener grandes espesores de rocas basálticas generadas a partir de las erupciones del volcán Xitle, principalmente, y de otros volcanes monogenéticos. Esta cantera tuvo un periodo de explotación del basalto para la construcción de la ciudad, y posteriormente, se empleó para depositar escombros del terremoto de 1985. En años recientes se le ha dado un fin más ecológico y de reserva natural, ya que cuenta con afloramientos del agua proveniente del subsuelo. Para este estudio se compararon los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) de dos arreglos, el Schlumberger y el Dipolo-Dipolo. Ambos se realizaron con un tendido de 250 m y con una orientación N-S. También, los electrodos empleados fueron de dos tamaños, unos más largos que utilizados para prácticamente todo el levantamiento y unos más cortos, en las mediciones más cercanas al centro de sondeo; todos los electrodos estaban hechos de acero. En el caso del arreglo Schlumberger, los resultados se usaron para delimitar la profundidad del nivel freático y los espesores y número de las capas geoelectricas del subsuelo, mientras que el otro arreglo, el Dipolo-Dipolo, fue usado para determinar los valores de las primeras y de las segundas diferencias de potencial. Adicionalmente, se realizó un levantamiento de datos para Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) de la misma zona de estudio, con 96 electrodos igualmente en una longitud de 250 m. Con esta tomografía se realizaron las comparaciones con los resultados de los SEV. Los resultados mostraron que son alrededor de cinco capas geoelectricas y que los materiales que probablemente las componen son tanto arenas y cascajo proveniente de los destrozos del terremoto de 1985, como el horizonte que corresponde al manto freático. Respecto a este último, se consideró que la profundidad a la que se encuentra es aproximadamente a los 50 m de profundidad, considerando los 42 m de tiro de la cantera más 7 m del estudio geofísico. Por otro lado, las pequeñas variaciones encontradas con las segundas diferencias de potencial se podrían asociar como parte del ruido aleatorio, así como variaciones pequeñas tanto en el tipo de material o contenido de humedad. Sin embargo, aún faltan pruebas para corroborar esta hipótesis y profundizar en mejorar la interpretación.

EG-4

FORMACIÓN DE SOCAVÓN EN LA COMUNIDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, MUNICIPIO DE ASIENTOS, AGUASCALIENTES “ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO E INSTITUCIONAL”

Acedo Cerón Erick Iván¹ y Juárez López Karla Rocío²¹Secretaría de Planeación, Participación y Desarrollo del Estado de Aguascalientes²Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes
contraste45@hotmail.com

Durante el mes de agosto de 2022 se dio a conocer la formación de un socavón en el “tanque el Refugio”, Lázaro Cárdenas, Asientos, Aguascalientes. La investigación de las características de este corrió a cargo de Comité Interinstitucional de Fallas y Grietas Geológicas del estado, dicha estructura de colaboración abarca entidades gubernamentales de los tres órdenes de gobierno, colegio de profesionistas, peritos especialistas así como la Universidad local, fue mediante el esfuerzo coordinado de los miembros del comité, dirigidos por el área de fallas y grietas de la Secretaría de Planeación, Participación y Desarrollo, que se logró generar una serie de estudios y aportaciones técnicas enfocadas en la descripción del fenómeno. A través de la colaboración de geofísicos, geólogos y personal INEGI se logró determinar la temporalidad de la formación del socavón, la caracterización geológica y estructural de los agrietamientos fue colectada mediante la interacción de personal interdisciplinario que incluyó geólogos, geofísicos, ingenieros civiles,

y académicos, mediante vuelos de dron y recorridos físicos en colaboración con entidades federales como el Servicio Geológico Mexicano, CONAGUA, CENAPRED y Protección Civil. La realización del estudio fue a través de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y un perito especializado que ejecutaron una serie de tendidos de tipo eléctrico para la caracterización geoestratigráfica del terreno a diversas escalas. Estos elementos fueron verificados mediante la reconstrucción estratigráfica de un pozo cercano, proporcionado por el Instituto del Agua del Estado, así mismo se ejecutaron mediciones de calidad del agua, y permeabilidad para entender en contexto hidrogeológico. Con esta información integrada se realizó una reconstrucción detallada de las características estratigráficas, geohidrológicas y geológicas, sustentadas en estudios geofísicos, que generó un modelo conceptual de la formación de dicha estructura. El trabajo requirió de una visión colaborativa entre las diferentes disciplinas de la ingeniería involucradas, así como de una colaboración institucional enfocada a identificar plenamente el fenómeno, para así proporcionar información concreta que se tradujera en acciones hacia la protección social.

EG-5

SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES Y SU CARACTERIZACIÓN MEDIANTE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Aguilar Valdez Francisco Javier
Ciencias de la Tierra Asesores Univ Panamericana, CITIA
favaguiar@yahoo.com

SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES Y SU CARACTERIZACIÓN MEDIANTE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA. Aguilar-V., Francisco J.; Aguascalientes; Ciencias de la Tierra Asesores; favaguiar@yahoo.com Resumen: Oral Palabras clave: geofísica, subsidencia, Aguascalientes El Valle de Aguascalientes está afectado por el fenómeno de subsidencia, durante los últimos 35 años, sus efectos se han venido recrudeciendo, de tal forma que en la actualidad se tienen documentadas más de 370 km de discontinuidades en un sistema digital de acceso público, como fallas y grietas que han afectado a más de 2000 construcciones como casas habitación, escuelas, hospitales y vialidades. La aplicación de exploración geológica y geofísica se ha vuelto obligatoria para la obtención de licencias de construcción. La exploración geofísica, mediante las técnicas de Tomografía Geoelectrica, Tomografía Geosísmica y en algunas ocasiones haciendo uso de InsAr, ha permitido obtener modelos geofísicos que ayudan a determinar las áreas de restricción, así como el mapeo de las diferentes discontinuidades y que alimentan el Sistema Digital de Fallas Geológicas y Grietas editado por el Gobierno del Estado. En este trabajo se presentan varios ejemplos de estudios de exploración geofísica en los cuales se han detectado anomalías geofísicas que se asocian a la presencia de diferentes tipos de discontinuidades, proponiendo un modelo conceptual que predomina en las diferentes áreas que se han visto afectadas y a partir de sus resultados se han tomado las medidas adecuadas para mitigar los potenciales efectos en los diferentes proyectos de infraestructura que se pretenden desarrollar en esos sitios específicos.

EG-6

INVERSIÓN CONJUNTA DE SONDEOS DE TRANSITORIO ELECTROMAGNÉTICO CON MÚLTIPLES PARES FUENTE-RECEPTOR EN PRESENCIA DE POLARIZACIÓN INDUCIDA

Flores Luna Carlos Francisco y Bonilla Yohana
CICESE
cflores@cicese.mx

El fenómeno de Polarización Inducida (PI) no solo se manifiesta en los métodos eléctricos con inyección de corriente al subsuelo, sino también en los métodos de inducción electromagnética, como el de sondeos EM transitorios (TEM). Aquí se presentan los resultados de un levantamiento experimental con sondeos TEM sobre un yacimiento de pórfido de cobre donde se usaron, a lo largo de un perfil de 1700 m de longitud, once espiras transmisoras de 300 por 150 m colocando la bobina receptora en siete sitios para cada espira. Todos los voltajes medidos muestran evidencia de PI. Los datos fueron invertidos a modelos de dos capas, suponiendo una dispersión de la resistividad tipo Cole-Cole en cada capa, es decir, cuatro parámetros incógnita en cada capa. Las inversiones fueron de tres tipos: a) inversiones sencillas de un solo par transmisor (Tx)-receptor (Rx); b) conjuntas de un Rx-varios Tx y c) conjuntas de un Tx- siete Rx. Los modelos finales muestran una variación lateral suave a lo largo del perfil de algunos de los parámetros Cole-Cole, pero no en otros, lo que indica una superposición de efectos 3D en los datos. Los errores de ajuste en el tercer tipo de inversión fueron significativamente mayores a los de los otros dos tipos, lo que podría deberse a que en el subsuelo el volumen de influencia es mayor, tal que este volumen incluye más variaciones 3D. Por otro lado, en las inversiones tipo c las incertidumbres en los parámetros Cole-Cole por lo general disminuyen pues una mayor cantidad de datos es usada en ellos.

EG-7

MODELACIÓN DEL ACUÍFERO GUARANÍ A PARTIR DE LA INVERSIÓN 3-D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN LA FRONTERA URUGUAY-ARGENTINA

Téllez De La Cruz Oscar Alexis¹, Corbo Fernando², Oleaga Alejandro³, Ramos Julián Andrés¹ y Arzate Flores Jorge Arturo²

¹Posgrado Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³INGESUR, Montevideo, Uruguay

⁴Departamento del Agua, Centro Universitario Regional Litoral Norte sede Salto, Universidad de la República, Salto, Uruguay
oatdlc98@geociencias.unam.mx

El Acuífero Guaraní abarca un área de más un millón de kilómetros cuadrados y se localiza en la región suroriental de Sudamérica siendo compartido por los países de Argentina, Uruguay, Brasil y Paraguay. Es una reserva de agua subterránea dulce de gran importancia, se compone de depósitos de rocas sedimentarias (principalmente areniscas, arcillas, limos y conglomerados) del período Triásico al Jurásico. En algunas áreas, el acuífero se encuentra aflorando mientras que en otras alcanza profundidades significativas que superan los 1500 metros bajo capas de basalto de la Formación Serra Geral o Arapey. El presente trabajo muestra un modelo geofísico-geológico de un sector del acuífero mediante el uso de sondeos magnetotelúricos de amplio espectro. La zona de estudio tiene una superficie aproximada de 12,000 km², entre las latitudes 30° 30' y 31° 52' Sur y longitudes 57° y 58° 22' Oeste, está centrada en el área terminal de Salto-Concordia a ambos lados del Río Uruguay. Para la realización del proyecto se reprocesaron, modelaron e invirtieron tridimensionalmente un conjunto de 30 sondeos AMT-MT (Oleaga 2002 y Corbo 2006). Los resultados muestran contrastes resistivos que permiten la visualización de la capa basáltica que confina el acuífero, diferenciada claramente de los estratos sedimentarios y del basamento subyacente. Además, el modelo indica que existe una variación de la profundidad de la cuenca siendo considerablemente más profunda hacia el Oeste, mientras que a Este del Río Uruguay existe una discontinuidad del basamento en dirección N-S.

EG-8

PRIMEROS RESULTADOS DEL PROYECTO MEZCAL (MAGNETOTELLURIC EXPERIMENT IN ZAPOTECAN AND CHIAPAS ANCIENT LANDS)

Ruiz Aguilar Diego¹, Husker Allen², Arango Galván Claudia³, Romo Jones José Manuel¹, Constable Steven¹ y Mortera Gutiérrez Carlos³

¹CICESE

²CALTECH

³IGEF-UNAM

⁴SCRIPPS-UCSD

dieroso@gmail.com

El proyecto MEZCAL (Magnetotelluric Experiment in Zapotecan and Chiapas Ancient Lands) comenzó oficialmente a finales del 2021, el cual es financiado por la NSF (National Science Foundation) del gobierno de E.U.A. En este proyecto binacional estamos colaborando investigadores del CICESE, CALTECH, IGEF-UNAM y Scripps-UCSD. El objetivo principal es entender de mejor manera el peligro sísmico en la zona del Istmo de Tehuantepec mediante la aplicación de un estudio magnetotelúrico anfibio en conjunto con un análisis sismotectónico. En este sentido, se adquirieron un total de 35 sondeos magnetotelúricos de Período Largo en los inviernos de 2022 y 2023 en los estados de Chiapas y Oaxaca. Los equipos instalados fueron proporcionados por el centro instrumental PASSCAL y estuvieron registrando señales magnetotelúricas durante 3 semanas. Las series de tiempo fueron procesadas con un algoritmo de estadística robusta para estimar las funciones de transferencia, las cuales fueron analizadas y se pudo detectar la presencia de anisotropía eléctrica. Además, los vectores de inducción indican estructuras conductoras en ciertas áreas que podrían estar relacionadas con zonas de falla que pueden contener fluidos. Finalmente, se realizó una inversión tridimensional en donde se incorporó en el modelo inicial la geometría de la placa de Cocos inferida a partir de modelos sísmicos generados por Caló (2021). Los resultados de la inversión se muestran y correlacionan con el contexto sismotectónico de la región.

EG-9

DOS DÉCADAS DE ESTUDIOS GEOFÍSICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA SUBSIDENCIA EN LA CUENCA DE MÉXICO: RETOS Y OPORTUNIDADES

Arango Galván Claudia¹, Chávez Segura René Efraín¹, Tejero Andrade Andrés², Hernández Quintero Juan Esteban¹, Cifuentes Nava Gerardo¹ y Flores Márquez Elsa Leticia¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

claudiar@igeofisica.unam.mx

Es por todos sabido que la afectación de obras civiles asociada al hundimiento del terreno genera gastos incalculables en la Cuenca de México. La causa más frecuente es la subsidencia relacionada con la sobreexplotación del acuífero. En la

Ciudad de México, cerca del 70% del abastecimiento de agua potable es posible gracias a la extracción del agua subterránea, que aunada a la nula planeación urbana y a la ineficiente gestión del recurso hídrico, ha propiciado una conjunción de variables que repercuten negativamente en las propiedades mecánicas e hidráulicas del acuífero, generando problemáticas como el abatimiento sistemático del nivel freático, la compactación de las arcillas lacustres, la pérdida de carga hidráulica, inundaciones en temporada de lluvias, la reducción del coeficiente de almacenamiento del acuífero, la inversión del gradiente hidráulico, la contaminación del agua, el agrietamiento de los depósitos lacustres y la subsidencia del terreno. Sin embargo, no es la única causa, también la antigua actividad minera así como la falta de mantenimiento en la infraestructura subterránea ocasionan hundimientos en diversas zonas de la ciudad. Es por ello que la aplicación de las técnicas geofísicas someras como el georradar, la tomografía de resistividad eléctrica (tradicional y no convencional) y la conductividad aparente a bajos números de inducción, pueden contribuir a la caracterización de zonas con condiciones propicias para presentar hundimientos y/o colapsos que representen un peligro tanto para la infraestructura como para los habitantes. En este trabajo se presenta una compilación de estudios realizados con estas técnicas a los largo de casi dos décadas, en diferentes zonas de la Cuenca de México como Xochimilco, las inmediaciones de la Sierra de Guadalupe, Tláhuac, Iztacalco, Chapultepec, entre otras, resaltando los retos y las oportunidades de hacer geofísica en zonas urbanas.

EG-10

INVERSIÓN GUIADA DE DATOS ELECTROMAGNÉTICOS MARINOS ADQUIRIDOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Ruiz Aguilar Diego¹, Haroon Amir², Córdoba Ramírez Fernando³ y González Fernández Antonio¹

¹CICESE

²GEOMAR

³Dalhousie University

dieroso@gmail.com

En el marco del proyecto CEMIE-Geo fueron adquiridos datos electromagnéticos de fuente de controlada en el Golfo de California para investigar la existencia de posibles sistemas geotérmicos. Los datos de este trabajo fueron adquiridos específicamente en frente de la costa de Santa Rosalía a lo largo de dos perfiles de 14 km de longitud, aproximadamente. Estos datos ya fueron modelados e interpretados con técnicas de inversión convencionales por Córdoba-Ramírez et al., (2019). En el presente trabajo, se aplica una inversión guiada por imágenes sísmicas aplicando técnicas de Inteligencia Artificial. Dado que se cuenta con datos sísmicos que fueron adquiridos a lo largo de uno de los perfiles de CSEM, aplicamos técnicas de 'Computer Vision' para extraer información de las estructuras que presenta la imagen sísmica. Esta información fue trasladada al dominio de modelado inverso 2D de datos EM, en donde usamos el algoritmo de MARE2DEM, el cual emplea mallas no estructuradas. Como un primer enfoque, se hizo una discretización más fina en las zonas de las estructuras encontradas con la imagen sísmica. El resultado de esta inversión se compara con el de la inversión convencional y se discuten las diferencias. En general, el modelo inverso obtenido con la metodología aplicada en este trabajo presenta características que van más acorde con el contexto geológico de la zona de estudio.

EG-11

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GEORRADAR EN LA BÚSQUEDA DE FOSAS CLANDESTINAS EN DISTINTOS AMBIENTES EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Lizardo Castro Cecilia, González Hernández Julio César, Romero Martínez Jesús Antonio, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín, Mejía Pérez José Alfredo, Juárez Torres José Ángel y Gómez Carballo Nicole Diane

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

cecilizardo@hotmail.es

El estado de Veracruz se encuentra al oriente de México y este se ha convertido en uno de los estados con mayor índice de desaparecidos en el país. Para la búsqueda de fosas clandestinas se emplea el uso del georradar en el cual por medio de un radargrama se determina la presencia de anomalías en el subsuelo. El georradar, es un método geofísico no invasivo que permite localizar todo tipo de utilidades enterradas, como tuberías, cables, grietas, cavidades o huecos, humedad, agua, vestigios arqueológicos y fosas clandestinas para la actividad forense. El objetivo del presente trabajo es reportar resultados de estudios de prospección geofísica somera realizando una fosa simulada. La metodología aplicada fue la realización de cuatro puntos orientados a detectar y delimitar anomalías en el subsuelo, en contextos diferentes, asociados con inhumaciones por medio de un georradar equipado con una antena blindada de 500 MHz. Los resultados obtenidos indican que la ubicación precisa de una inhumación utilizando la tecnología de georradar está en relación directa con el modo de disposición de los restos que se haya utilizado ya sea sepultura directa o en bolsa. De igual forma, se plantea la comparabilidad de la tomografía eléctrica resistiva como método alternativo para la búsqueda de personas desaparecidas. Se demuestra asimismo que las distintas formas analizadas de ocultamiento de una fosa pueden ser detectadas y delimitadas con esta tecnología. Se considera que los resultados obtenidos, por su similitud a casos reales, son de

aporte de utilizar para investigaciones que desarrollan su actividad en el campo de la Geofísica Forense.

EG-12

ESTRUCTURA DE LA CORTEZA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA CUENCA CARMEN, SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA: OBSERVACIONES A PARTIR DE BATIMETRÍA DE ALTA RESOLUCIÓN Y PERFILES DE REFLEXIÓN SÍSMICA EN 2D

Julia Miralles Marc¹, Yarbuh Ismael¹, Spelz Ronald M.¹, Negrete Aranda Raquel², Contreras Juan³, Fletcher John⁴, González Fernández Antonio², Zierenberg Robert A.³ y Caress David W.⁴

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

³University of California Berkeley Research

⁴Monterey Bay Aquarium Research Institute

marc.juli@uabc.edu.mx

En este trabajo presentamos nuevos avances sobre la evolución tectónica de la Cuenca Carmen (CB) en el sur del Golfo de California (GC). Nuestro estudio utiliza batimetría de alta resolución y perfiles de reflexión sísmica en 2D, con el fin de proporcionar un marco estructural de este sistema de rift, el cual ha sido el único sistema geológico del golfo no estudiado hasta la fecha. Aquí documentamos por primera vez la litología de la corteza y examinamos la transición de corteza oceánica antigua a joven, así como también, cuantificamos el crecimiento de las fallas transformes que delimitan la cuenca y que acomodan cizalla oblicua. A partir de la medición de la extensión de nueva corteza oceánica, estimamos la edad de la cuenca utilizando una tasa de dispersión del fondo marino de 52 mm/año, que es la velocidad promedio del movimiento relativo entre la microplaca de Baja California y la placa de América del Norte documentada por autores anteriores. Adicionalmente, proponemos que el ascenso del manto bajo la CB es una continuación hacia el norte de la Dorsal del Pacífico Oriental, lo que resulta en un sistema de evolución rápida, que condujo al desarrollo de tres subcuencas con geometrías, morfologías e historias evolutivas contrastantes. Las subcuencas del sur y centro se encuentran principalmente inactivas, mientras que la subcuenca del norte es actualmente el lugar de expansión del fondo marino. Esto se evidencia por la migración del centro de dispersión con sentido noroeste y por la yuxtaposición de corteza oceánica joven (< ~1.5 Ma) contra corteza oceánica antigua correlacionada con la edad de las cuencas adyacentes de Guaymas y Farallón al norte y sur, respectivamente. Nuestras observaciones también sugieren condiciones geológicas favorables en la CB para el desarrollo de sistemas hidrotermales similares a las cuencas vecinas en el sur del GC.

EG-13

VARIACIÓN DEL ESTILO DE CUENCAS A LO LARGO DE UNA FALLA TRANSFORMANTE: SUR DEL DELTA DEL RÍO COLORADO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

González Escobar Mario, Gallegos-Castillo Cristian A., Arregui Ojeda Sergio Manuel, Aladro-Chio Young Ho, Reyes-Martínez Carlos S. y Mastache-Román Edgar Agustín

CICESE

mgonzale@cicese.mx

El delta del río Colorado, es un lugar importante para comprender la naturaleza de los límites transformantes de placas y está ubicado en el Valle de Mexicali, Baja California, México, donde el límite de placas está definido por las fallas Cerro Prieto e Imperial en esta latitud. Este límite entre las placas de América del Norte y el Pacífico es un ejemplo de cuenca pull-apart con varias características, como complejidad estructural, hundimiento activo, áreas geotérmicas y riesgo sísmico. En este estudio se análisis datos de reflexión sísmica 2D multicanal, así como información geológica y geofísica para comprender mejor la arquitectura tectónica del área. Los datos brindan nuevos conocimientos sobre la poco conocida cuenca Montague, que se encuentra entre las cuencas pull-apart de Cerro Prieto (en tierra) y Wagner (zona marina). La cuenca Montague cubre un área de ~250 km², con una longitud ~90 km y un ancho de 30 km entre las fallas de Cerro Prieto al este y Pangas Viejas al oeste. Según la resolución de los datos, se cree que la profundidad de la cuenca es de más de 5 km. La deformación ocurre principalmente a lo largo de las zonas de falla de Cerro Prieto y Pangas Viejas. En el centro de la cuenca, los sedimentos están relativamente sin deformar y están débilmente inclinados y contienen muchas fallas sepultadas hasta ahora desconocidas. Muchos de esta son locales, comenzando y terminando dentro del cuerpo sedimentario. El basamento acústico está presente en el sector oeste y se profundiza hacia el este. Los abanicos aluviales de la Sierra Las Pintas están presentes, mientras que la Ciénega Santa Clara está delimitada por las fallas Santa Clara 01 y 02 y presenta una significativa subsidencia. La falla Yurimori corre paralela a la de Pangas Viejas y muestra una deformación significativa en un sector a nivel basamento. Las fallas de Ometepe y La Salina en el sector suroeste corren oblicuamente a la de Cerro Prieto y pueden estar asociadas con la cuenca de Wagner en el Golfo. La sismicidad histórica y y varios perfiles sísmicos indican que la falla Indiviso existía antes del terremoto de El Mayor-Cuicapah (2010, M7.2). A pesar de estar situada entre dos sectores de actividad sísmica, el origen del régimen transtensional en esta región sigue sin estar claro. Aunque no está clara la conexión entre las cuencas de Montague y Wagner, se observa una leve alto gravimétrico entre ambas con un azimut suroeste-noreste que podría actuar como una zona de transferencia de rumbo entre las cuencas. En el futuro geológico, esta

cuenca Montague podría conducir potencialmente a una brecha de superposición entre las cuencas marina y terrestre. Estos hallazgos brindan una mejor comprensión de la sismicidad en la región y las complejidades de la segmentación de fallas en grandes cuencas transtensionales a lo largo de zonas de transformación continental de escape tectónico. La zona de deformación alrededor de la falla de Cerro Prieto en este sector tiene un ancho aproximado de 30 km.

EG-14

DENSE NODAL PASSIVE SEISMIC IMAGING WITHIN THE CUEMANCO SUB-BASIN, MEXICO CITY

Granados Chavarria Iván, Gallardo Juárez Vanessa, Colchado Casas Juan Carlos, Centeno Salas Felix, Pita de la Paz Carlos, Ruiz Baron Daniel y Espinosa Hernández Abdallan

GEOTEM

ivan.granados@geotem.com.mx

Abstract The assessment of the elastic properties of the shallow subsurface of large cities is crucial for improving their microzonation and geotechnical characterization, in order to manage the seismic risk reduction and the infrastructure building codes. A useful non-invasive way to image the near-surface structure is with passive seismic methods, based on the usage of continuous ambient noise records through seismic sensors. Here we present the shear-wave passive seismic imaging retrieved by using a seismic nodal dense array into the Cuernavaca sub-basin, a remnant of the ancient huge Texcoco lake, where Mexico City is nested. We deployed a total of 175 broadband 1-component seismic nodes in a 1.1 km² area for a maximum duration of about 6 hours. This array was composed by 109 vertical stations along six straight lines, from 850 to 1340 m length, where 33 of those had two more nodes in horizontal position to record the N-S and E-W components. The inter-station distance of the nodes was 60 m, with the exception of one line, where the minimum distances was 50 m. After a pre-processing and a rigorous QC stage, that included decimation and conversion from SEG-D to SAC format, we applied different passive seismic methodologies: 1) the horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSr), 2) a passive multichannel analysis of surface waves (MASW), and 3) the ambient noise tomography (ANT). We calculated the HVSr iso-period map from the 33 three-components nodal stations database, retrieving periods from 3.0 to 3.6 s. Also, with the vertical nodes database we calculated a total of 5886 Green's functions (GF) with the ambient noise cross-correlation; we gathered them as virtual shot-points along individual lines to retrieve a passive MASW database, from which we obtained 109 phase velocity dispersion curves and inverted them as six 2D Vs profiles. Finally, the full GF database was used to perform the ANT, where we obtained about 5640 group velocity dispersion curves from 0.25 to 4 Hz, and then we calculated the 2D tomograms and the final 3D Vs model. For the ANT, we modified a machine learning clustering method (Wang Z. et al., 2021) for the automatic picking of the group velocity dispersion curves. The integrated model shows the shallow shear-wave structure of the Cuernavaca sub-basin, which are in agreement with several previous geophysical, geological and hydrogeological studies. The main results of this study are: 1) a detailed image of the very-low velocity lacustrine deposits layer, with velocities of about 50 m/s; 2) the basement topography, which is located approximately at 50 m of depth; 3) a detailed iso-period map, which shows a slight slope from NWN to ESE, where the dominant resonance periods go from 3.0 to 3.6 s.

EG-15

ESTRUCTURA DEL SUBSUELO EN UN SECTOR DE LA REGIÓN MAGDALENA EN BAJA CALIFORNIA SUR POR MEDIO DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN

González Álvarez Moisés Daniel, González Escobar Mario, Gallegos Castillo Cristian, Mastache Román Edgar Agustín, Aladro Chio Young Ho, Reyes Martínez Carlos Simón y Arregui Ojeda Sergio Manuel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
mdgonzalez@cicese.edu.mx

Las regiones de antearco son el reflejo y el albergue de procesos de convergencia tectónica. En este contexto, las cuencas formadas de manera colateral a la subducción se distinguen por sus considerables espesores sedimentarios. La península de Baja California alberga diversas cuencas de antearco, resultado del evento de subducción de la placa de Farallón durante el Cretácico Superior y el Paleoceno. Con esta premisa, presentamos una serie de 8 perfiles sísmicos de reflexión terrestre proporcionados por la industria petrolera y ubicados en la región Magdalena, en la planicie de Ciudad Constitución, en Baja California Sur. Estos perfiles fueron procesados e interpretados y, en conjunto con datos gravimétricos y registros de pozos, permitieron identificar las estructuras geológicas más destacadas, como una cuenca de antearco cuyo depocentro alcanzó una profundidad de 3000 ms (TVD) y que se formó entre la antigua zona de subducción y el arco volcánico. Se identificó también una falla inversa con un buzamiento aparente de 39° que atraviesa las unidades sedimentarias de la región y controla la subsidencia en la cuenca. Desde el punto de vista sismoestratigráfico, se identificaron cinco límites de secuencias sísmicas, dos de los cuales representan discordancias significativas que se consideran rasgos geológicos importantes en la evolución tectónica de la región. Las observaciones presentadas tienen como objetivo incrementar el conocimiento de la evolución geológica de esta región y, a su vez, generar imágenes del subsuelo que permitan su comparación con regiones análogas.

EG-16

ESTIMACIÓN DE VS30 UTILIZANDO DOS GEÓFONOS EN LA ZONA DEL LAGO DE TEXCOCO

Rojas Rodrigo y Rodríguez Miguel

Instituto de Ingeniería, UNAM

rrojash@ingen.unam.mx

El siguiente trabajo trata de la estimación de la velocidad de onda S ponderada hasta los 30 metros de profundidad (Vs30), haciendo uso de dos registros de periodo corto y componente vertical de ruido sísmico ambiental, obtenidos en estaciones separadas 40 metros. El alcance del trabajo incluye: 1.- La presentación de la propuesta metodológica. 2.- Avances del paquete de programas que realizan el registro de las señales y el procesamiento de datos. 3.- El desarrollo de un equipo de bajo costo, capaz de realizar el registro continuo del campo de ruido sísmico ambiental. La técnica propuesta consiste en utilizar un par de registros simultáneos de ruido sísmico ambiental en dos estaciones, separadas 40m; esto para estimar el número de onda correspondiente, a máxima coherencia, entre los sismogramas virtuales asociados. Para corroborar la operación de la propuesta se hizo el análisis de 40 registros de 24 canales de ruido sísmico ambiental obtenidos en el lago de Texcoco. Cada arreglo lineal consta de 24 geófonos de componente vertical, separados cinco metros. La longitud de los registros es de 1 minuto con cadencia de 250 muestras por segundo. Los resultados indican que la relación Vs30 = 6.1 + 0.795Vr que predomina en el sitio puede reproducirse desde el procedimiento propuesto. En el prototipo de registro se integró un conversor analógico digital de 24 bits, con capacidad de muestreo máximo de treinta mil muestras por segundo. Los registros obtenidos se procesan en cuanto son obtenidos por el registrador y en el futuro se pretende que la estimación de Vs30 del sitio determine el fin de la medición.

EG-17

LA ESTRUCTURA CORTICAL EN LA MARGEN CONTINENTAL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO, INFERIDA MEDIANTE MODELADO INVERSO DE DATOS DE GRAVEDAD

García Abdeslem Juan¹ y Pérez Luján Rodrigo²

¹CICESE

²CEGeo

jgarcia@cicese.mx

Con el objetivo de inferir la estructura de la corteza en el margen continental sur del Golfo de México, realizamos la modelación inversa de datos de gravedad residual isostática, para obtener un modelo tridimensional del contraste de densidad en una región que incluye el Campo Volcánico Los Tuxtlas, la cuenca Veracruz y parcialmente la cuenca Salina del Istmo. Como resultado de la modelación, la anomalía de gravedad calculada encaja bien con los datos observados. El modelo sugiere que el Campo Volcánico Los Tuxtlas evolucionó al borde de un cuerpo denso, cuyo techo se encuentra a 15 km de profundidad y tiene un espesor de 10 km, se extiende hacia el Golfo de México y se interpreta como corteza oceánica. El borde Sur de este cuerpo posiblemente representa la ubicación de la Falla de Transformación Principal Occidental, relacionada con la apertura del Golfo de México durante el Jurásico, aunque esta inferencia es especulativa. Sobre el basamento inferido, posiblemente constituido por carbonatos del Cretácico, el modelo muestra una gran cuenca sedimentaria que alberga sedimentos siliciclásticos del Cenozoico con un espesor de hasta 10 km, tiene características geométricas relacionadas con algunos rasgos tectónicos conocidos, como el Frente Tectónico Sepultado, además de una estructura tipo sinclinal, con superficie basal a 6 km de profundidad, que acomoda el Homoclinal del Margen Oeste y el borde oriental del Sinclinal Tlacotalpan. El modelo muestra estratos deformados que se adelgazan hacia el frente tectónico de la Sierra Zongolica, rodeando el Alto de Aneгада y el Campo Volcánico Los Tuxtlas, así como algunos rasgos relacionados con la Reentrante Coatzacoalcas.

EG-18

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL NE DE MÉXICO USANDO METODOS POTENCIALES

Rosas Espejel Diana Laura, Nazario Sandoval Itzel, Romero Juan Angel Ivan, Flores Juárez Carlos Aldair, Ramírez Hernández Sandra Jasiel, Jiménez Mendoza Giovanni Adrian y Mena Negrete Joseline

Instituto Politécnico Nacional, IPN

dianalaurasosaspejel-est@esiatipnct.com

El área de estudio se centra al Noreste de México, principalmente en la Cuenca la Popa (CLP) y las estructuras geológicas circundantes. Esta región ha sido de gran interés por el sector petrolero, a pesar de no encontrar depósitos de hidrocarburos, es considerada una representación de la geología del Golfo de México. El objetivo principal es obtener modelos geológicos a partir de datos publicados de gravimetría y aeromagnetometría con la finalidad de tener un mayor conocimiento sobre las estructuras geológicas del Noreste de México. Para este trabajo se digitalizó la información de la Anomalía de Bouguer, la Anomalía magnética, así como las coordenadas geográficas de 3 perfiles que cruzan entre sí y se obtuvieron sus respectivos modelos geológicos, los cuales tomaron en cuenta la geología superficial reportada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) así como dos

perfiles publicados previamente por expertos en el área. Los cuales interceptan con un perfil. Los modelos nos permitieron caracterizar diferentes estructuras como la Falla de San Marcos, la cuenca de Parras, la Cuenca de la Popa, el Cinturón Intrusivo Candela Monclova y los anticlinales: Rayones, Potrero de García, Potrero Chico, Minas Viejas, de en Medio y Gomas.

EG-19

ANÁLISIS DEL BASAMENTO MEDIANTE GRAVIMETRÍA Y MAGNETOMETRÍA: UN CASO DE ESTUDIO EN SINAI CENTRAL, EGIPTO

Olivos Villanueva Jazmín, Bello Ramos Dennise, Hernández Garrido Mario Ángel, Olvera Martínez José Antonio, Tónix Palacios Erick, Zepeda Tolentino Lizet y Mena Negrete Joseline
Instituto Politécnico Nacional, IPN
jazminolivosvillanueva-est@esiatipcnct.com

Este trabajo se enfoca en la aplicación de los métodos geofísicos, gravimetría y magnetometría en el área de Sinaí central, Egipto. El área de estudio se encuentra ubicado en las latitudes 29°45' N y 30°15' N y longitudes 33°10' E y 34°10' E, cubriendo un área de 5347 km². El objetivo principal es evaluar la estructura del subsuelo de las rocas del basamento y generar un modelo geológico infiriendo las profundidades a las que se encuentra cada capa y discontinuidad. Se trazaron 3 perfiles que interceptan entre sí, en las anomalías aeromagnética total y de Bouguer y se realizaron sus respectivos modelos, en los cuales se infiere una capa sedimentaria de arenisca y caliza. Así mismo, se encontraron zonas en las que la caliza aflora y no hay presencia de areniscas en la capa sedimentaria, también se identificó la ubicación de distintas fracturas y pliegues en el área de estudio. Por otro lado, el basamento, abarca profundidades desde 1.5 km en sus zonas más someras hasta 10 km aproximadamente. Además, se infirieron las distintas profundidades y rangos que abarcan las discontinuidades, de Conrad y de Mohorovicic.

EG-20

CARACTERIZACIÓN REGIONAL DE FUENTES GEOTÉRMICAS CON BASE EN GEOFÍSICA SATELITAL EN EL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN

Rivera-Calderón Elizabeth, Álvarez Román y Camacho Miguel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ecalderonr@comunidad.unam.mx

El Lago de Cuitzeo, se encuentra dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), en una región extensional asociada al graben de Cuitzeo, en el sistema de fallas Morelia-Acambay y a su vez forma parte del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). Estas condiciones favorecen la posibilidad de un ascenso magmático que provee las fuentes de calor para las manifestaciones geotérmicas superficiales. En este estudio, se utilizan técnicas de gravimetría y magnetometría satelital para localizar las principales anomalías regionales asociadas a las manifestaciones geotérmicas como las situadas en San Agustín del Maíz (SAM). Los datos fueron procesados en el software Oasis Montaj, se calculan inversiones 3D de campos gravitatorios y magnéticos, para extraer distribuciones de densidad y susceptibilidad magnética hasta 7000 m de profundidad. Se analizan secciones transversales N-S y E-O y se obtienen geosuperficies de densidad y susceptibilidad magnética que ayudan a caracterizar las zonas anómalas de interés. Dentro de los resultados se observa una profusa distribución de andesitas a lo largo del área de estudio de 50x50 km². Además de varias regiones aflorantes de baja susceptibilidad magnética, como la asociada a SAM. Estas se sugieren como potenciales objetivos geotérmicos. Las geosuperficies de densidad señalan dos volúmenes en los que puede haber intrusión de material magmático, coincidiendo con la presencia de fallas geológicas activas. El análisis aquí presentado puede extenderse a regiones vecinas en el área del Lago de Cuitzeo. Esta metodología tiene las ventajas de ser una exploración rápida y poco costosa que puede utilizarse en distritos geotérmicos similares.

EG-21

PROSPECCIÓN MAGNETOMÉTRICA AÉREA Y TELEDETECCIÓN CON ASTER EN EL ÁREA MAPIMÍ-TLAHUALILO-VELARDEÑA: UN ENTENDIMIENTO METALOGÉNICO A LAS POSIBLES FUENTES MAGMÁTICAS QUE DIERON ORIGEN A LA MINERALIZACIÓN POLIMETÁLICA

Jiménez Morales Jorge Luis, López Loera Héctor, Tuxpan Vargas José y Rocha Rocha Macario
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
jorge.jimenez@ipicyt.edu.mx

Los métodos geofísicos nos ayudan a comprender las formas geométricas, la distribución de las propiedades físicas de las rocas, el detalle de las estructuras y la geomorfología regional, una de las técnicas que resulta factible aplicar para estudios a gran escala es el magnetismo aéreo, que se basa en la respuesta magnética, apoyándose de metodologías de procesamiento matemático para caracterizar y correlacionar información ya existente, este método ha demostrado una gran utilidad para delinear estructuras con potencial minero, hidrogeológico y zonas de debilidad que afectan construcciones, así como un gran avance en el tratamiento de la

información, gracias al desarrollo de softwares y algoritmos que facilitan el trabajo de gabinete. Otra de las técnicas que resulta viable para su aplicación por la inmediatez en la obtención de información es la teledetección, mediante el análisis espectral de imágenes satelitales tipo ASTER que permite a través de la combinación de cada una de sus bandas la discriminación litológica a partir de respuestas espectrales de rocas identificando ambientes sedimentarios, piroclásticos e ígneos. El estudio del Campo Magnético de la Tierra (CMT) mediante la técnica aérea en su modalidad de contorno para la prospección de minerales se ha utilizado de manera frecuente desde principios del siglo pasado en el mundo entero. Las técnicas geofísicas complementadas con técnicas de teledetección a través de imágenes ASTER, son cada vez más usadas en la prospección de Recursos Naturales por su alta resolución temporal y espacial. El objetivo del estudio es caracterizar a través de modelos geológico – geofísicos posibles fuentes magmáticas que aportaron mineralización polimetálica en la zona Mapimí-Tlahualilo-Velardeña al NNE de la república mexicana, mediante técnicas geofísicas como el magnetismo aéreo y teledetección con imágenes ASTER e identificar zonas con potencial geológico minero económico. A través de la aplicación de diversos algoritmos matemáticos se obtuvo un mapa de lineamientos magnéticos, el cual proporciona información sobre las zonas de debilidad, fallas y/o fracturas existentes en la zona, estas estructuras son muy importantes porque en ellas son depositados minerales polimetálicos (Au, Ag, Cu, Pb, Sb, Zn), así mismo los modelos geológico geofísico (2D y 3D) de las zonas prometedoras fueron obtenidos para su producción y/o prospectos mineros en las que conviene realizar estudios de campo y la aplicación de más técnicas geofísicas. Gracias al procesamiento de imágenes ASTER y la aplicación de técnicas de estadística computacional (Análisis de Componentes Principales PCA) fueron discriminadas las diferentes litologías que componen una región a través de la combinación de las bandas espectrales de sus imágenes, con la finalidad de identificar áreas de mineralización que representen un potencial de explotación y corroborar a través de dos diferentes técnicas geofísicas indirectas la presencia de una zona mineralizada con el objetivo de lograr exitosas campañas de prospección y exploración con fines económicos.

EG-22

ANÁLISIS REGIONAL DEL CENTRO VOLCÁNICO VENTURA-ESPÍRITU SANTO MEDIANTE MÉTODOS GRAVIMÉTRICO Y MAGNETOMÉTRICO

Rodríguez Sosa Luis Fernando¹, Guevara Betancourt Randall Eduardo², Sarocchi Damiano¹, Almaguer Rodríguez Joselin de Lourdes¹ y Yutsis Vsevolod²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²IPICYT

a277233@alumnos.uaslp.mx

El Centro Volcánico Ventura-Espíritu Santo, se encuentra en la parte central del estado de San Luis Potosí, en la frontera de la Plataforma Valles-San Luis y la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Está compuesto por vulcanismo monogénico con la presencia de los maeres Joya Honda, La Joyuela y Laguna de los Palau. El objetivo principal es analizar el sistema estructural y asociarlo con las anomalías gravimétricas y magnéticas que presentan los maeres en la zona, mediante datos de gravimetría satelital obtenidos del Global Gravity Model plus (GGMplus), la resolución de este modelo es de 200 m aproximadamente. En magnetometría se hizo uso de cartas aeromagnéticas obtenidas del Servicio Geológico Mexicano. Se llevo a cabo el procesamiento de datos para obtener Anomalia de Bouguer completa para el método de gravimetría, en magnetometría se aplicó el filtro de campo magnético reducido al polo al campo magnético residual. Posteriormente se hizo uso de los filtros Señal Analítica, Tilt Derivative y deconvolución de Euler y Werner, posteriormente se realizaron múltiples perfiles para analizar la señal espectral y la correlación información geológica de la zona y puntos de interés. El análisis regional permitió evidenciar y caracterizar de mejor forma los sistemas estructurales y volcanes monogénicos que predominan el Centro volcánico que facilitaron el génesis de este, además de visualizar diferentes dominios magnéticos, anomalías magnéticas y gravimétricas junto con la localización y profundidades aproximadas de las estructuras principales del centro volcánico.

EG-24

EVALUACIÓN AEROMAGNÉTICA Y CARACTERIZACIÓN POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X PORTÁTIL (FRXP) DE UN POTENCIAL YACIMIENTO DE ZEOLITA EN EL SUROESTE DE PUEBLA

Castro Alarcón Ivana Astrid, Muñoz Máximo Ignacio, Martínez Calvo José Andrés y Alemán Heredia Sergio Ludwig
Área de Geociencias Aplicadas DITCO BUAP
ivana.castro@alumno.buap.mx

La región suroeste del estado de Puebla, ha sido objeto de interés para evaluar la existencia de potenciales yacimientos minerales de interés económico, durante las últimas 2 décadas, donde ha sido reportada la existencia de yacimientos minerales con contenido metálico como Hierro, Oro, Plata y Litio (Pérez Guevara et al., 2023; S.E., 2022; SGM, 2021; SEDECO, 2010; Muñoz Máximo I. et al., 2008,2009 & 2011) y no metálicos (e. g., Mármol, Bentonita, Barita & Arenas Silicas). Actualmente la principal actividad minera se concentra en la explotación de distintas variedades de mármol (e. g., negro, tipo carrara, dorado, y gris). En los

municipios de Chietla hasta Chiautla de Tapia, existe pequeña actividad minera (a veces informal) que localmente trabajan estas rocas como piedras ornamentales a escala local tales como: granito, granodiorita, monzonita, cantera de riolita y riolacita, que son utilizadas para hacer lajas de piso, adoquín, o coberturas de mesa. En los últimos 5 años, se disparó en la región circundante al intrusivo de Chiautla de Tapia, la extracción de vetas de barita, que están acompañadas por distintos minerales, existiendo en algunos casos el crecimiento de Wulfenita, Ilmenita, Hematita y Malaquita (De la Cruz Hernández E., et al., 2023). Sin embargo, la información disponible, acerca de la existencia de depósitos de Zeolita tipo Clinopirrolita en asociación con Bentonita, o caolinitas, está poco o nualmente documentada. Por lo cual, no existe ningún trabajo previo que estudie estos depósitos dispuestos erráticamente en superficie en la región. En esta investigación pionera, se han analizado los datos aeromagnéticos disponibles del Servicio Geológico Mexicano, para identificar las fallas geológicas y cuerpos intrusivos no visibles en superficie asociados con la existencia de estos yacimientos de Zeolita. Con los resultados obtenidos del análisis aeromagnético se ha elaborado una propuesta cartográfica morfo estructural de la región. También, se han caracterizado 3 depósitos superficiales de Zeolita (variedad Clinopirrolita) por la técnica de Fluorescencia de Rayos X Portátil (FRXp), analizando un total de 30 especímenes, para determinar su composición química y valorar la viabilidad de emprender una exploración geofísica terrestre por métodos potenciales, para cuantificar si existe un potencial volumen, o no, de mayores dimensiones y distinta distribución geométrica al expuesto en superficie, y si tiene una continuidad a profundidad, o bien solo son depósitos superficiales derivados de eventos aislados. Palabras clave: Clinopirrolita, Aeromagnética, Fluorescencia de Rayos X Portátil

EG-25 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA CORTEZA CONTINENTAL DE NICARAGUA A PARTIR DATOS GRAVIMÉTRICOS SATELITALES EN NICARAGUA

Zambrana Areas Xochilt Esther¹, Flores Márquez Elsa Leticia², Chávez Segura René Efraín³, Suriñach Cornet Emma⁴ y Keppie Moorhouse John Duncan⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Universidad de Barcelona, Facultad de Ciencias de la Tierra

⁴Instituto de Geología, UNAM

xza-86@hotmail.com

El presente trabajo tiene como objetivo analizar datos de anomalía de gravedad satelital, de la base de datos de Sandwell and Smith, correlacionándola con datos geológicos, para delimitar estructuras tectónicas en Nicaragua. La interacción entre las placas Cocos-Caribe-Nazca y las placas del Norte y Sur América produce un complejo patrón estructural de la corteza en América Central. Nicaragua está ubicada en el margen oeste de la placa Caribe cerca de su interacción con la placa de Cocos. Geológicamente se divide en cinco provincias: a) Planicie Costera del Pacífico, que forma la Cuenca de Antearco Sandino, con el predominio de rocas de edad Cretácico-Terciario; b) Depresión de Nicaragua, con orientación NO-SE, formada de rocas volcánicas y depósitos lacustres de edad Cuaternaria, incluyendo la Cadena Volcánica Nicaragüense; c) Meseta Central o Tierras Altas del Interior, caracterizada por rocas volcánicas de edad Terciaria d) Tierras Altas del Norte, presenta rocas metamórficas e intrusivas de edad Paleozoica y e) Planicie Costera del Atlántico, con el predominio de rocas sedimentarias y volcánicas de edad Terciaria-Cuaternaria. La estructura cortical de Nicaragua está conformada por fragmentos de corteza continental y oceánica desde el Cretácico hasta el presente. Nicaragua está constituida por el Bloque Chortis (BCHO) y el Terreno Oceánico Compuesto Mesquite (MCOT). Estudios recientes de paleomagnetismo definen un nuevo bloque tectónico denominado microbloque Dipilto-Patuca (MDP), localizado en la región Norte de Nicaragua. Previas investigaciones discuten sobre los límites de estos fragmentos corticales, y actualmente no se ha podido definir por geología superficial sus extensiones en el territorio nicaragüense. El BCHO es un fragmento de corteza continental incluido dentro de la Placa Caribe. Sus principales afloramientos de rocas del Mesozoico, Paleozoico y Precámbrico se localizan en Honduras y frontera Norte con Nicaragua. El MDP pertenece a la región meridional del BCHO, se presume que está formado en un ambiente de colisión arco-continental y es uno de los cuerpos plutónicos más grandes de Centroamérica. El procesamiento de los datos gravimétricos satelitales mediante análisis espectral para la separación regional residual permitió las siguientes conclusiones: a) Se define un cambio en la composición de la corteza en Nicaragua marcando por un incremento de los valores de gravedad de Oeste a Este, desde la Planicie Costera del Pacífico hasta la Planicie Costera del Atlántico, b) El BCHO limita con el microbloque-Dipilto Patuca, mediante una serie lineamientos de anomalías residuales orientados en dirección Noreste-Suroeste, que pueden ser asociadas con el Sistema de Falla Guayape, c) El MDP se extiende aproximadamente en un área de 36,800 km² en el Norte de Nicaragua, d) El Terreno Compuesto Oceánico Mesquite se prolonga hacia el norte de Costa Rica colindando con la Gran Provincia Ígnea del Caribe, donde se observa un incremento de los valores de la anomalía gravimétrica regional hasta 75.6 mGals, y d) los sedimentos del Terciario de la Cuenca Sandino podrían ser el basamento de la parte Oeste de la Depresión de Nicaragua y el basamento oriental puede ser el MCOT.

EG-26 CARTEL

COMBINED AVO AND SPECTRAL DECOMPOSITION ANALYSES FOR DHI-RELATED PROSPECT ASSESSMENT

Negrete Cadena Rocío

Facultad de Ingeniería

mrcadena@gmail.com

En este trabajo se presenta una metodología para complementar las técnicas de análisis de amplitudes sísmicas tales como el análisis de la variación de las amplitudes con el offset (AVO) o extracción de atributos comunes de amplitud, con otras características de la traza sísmica como el análisis de las bajas frecuencias para búsqueda de acumulaciones que atenúen la señal. Con esta combinación se demuestra que es posible reducir el riesgo en la evaluación de prospectos relacionados a Indicadores Directos de Hidrocarburos (DHI) dentro del proceso de Exploración.

EG-27 CARTEL

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE LA PORCIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE MANAGUA, NICARAGUA, USANDO GRAVIMETRÍA Y REGISTROS DE MICROTREMORES

Zambrana Areas Xochilt Esther¹, Flores Márquez Elsa Leticia², Chávez Segura René Efraín³, Suriñach Cornet Emma⁴ y Keppie Moorhouse John Duncan⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Universidad de Barcelona, Facultad de Ciencias de la Tierra

⁴Instituto de Geología, UNAM

xza-86@hotmail.com

La presente investigación muestra los resultados de la aplicación del método gravimétrico por perfiles en conjunto con la técnica de GPS-diferencial con el fin de estudiar la Cuenca Tectónica del Aeropuerto, localizada en la porción este de la Ciudad de Managua, Nicaragua. Esta estructura está delimitada al este por la Zona de Falla Cofradía, y al oeste por la Zona de Falla Aeropuerto. Así también, con el fin de caracterizar el peligro sísmico de la Falla Aeropuerto se llevaron a cabo mediciones de microtremores utilizando la técnica de Nakamura. La cuenca del Aeropuerto es una estructura tectónica de gran importancia, ya que las fallas que la conforman representan una amenaza sísmica para la Ciudad de Managua, que históricamente ha sido lugar de eventos sísmicos de magnitud moderada (ej. 1931, 1972, Ms 6-6.2), originados por el movimiento de fallas geológicas sísmicamente activas. El desarrollo de este estudio consistió en la adquisición de un total de 823 observaciones gravimétricas distribuidas en un área ~ 144 km². Se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (D-GPS), para tener mejor precisión en las coordenadas y valores de altura de las mediciones de gravedad realizadas en la zona de investigación. Además, se llevó a cabo el registro de mediciones de microtremores en 20 estaciones sísmicas distribuidas en la zona de Falla Aeropuerto con el propósito de generar información útil para la predicción del movimiento dinámico del suelo ante un evento sísmico. Con base en los resultados de gravimetría, se infiere que la cuenca tectónica del Aeropuerto está constituida por una serie de horst y graben, asociados a fallas normales oblicuas, delimitadas por las Zonas de Fallas Aeropuerto (al Oeste) y Cofradía (al Este). Así también, se interpreta que la estructura es más profunda hacia el Norte y se encuentra rellena por sedimentos aluviales y lacustres del Cuaternario que alcanzan una profundidad ~ 760 metros. Por otra parte, los valores de densidades usados en el modelo directo se correlacionaron con las formaciones geológicas características en el área de Managua, las cuales son: sedimentos del cuaternario con densidades de 2 a 2.2 g/cm³. Las rocas volcánicas de composición basáltica se modelaron con densidad de 3.0 g/cm³. Los depósitos volcánicos consolidados con densidad ~ 2.7 g/cm³ asociados con la Formación Managua que sobreyace al basamento rocoso (Formación La Sierra) y presentan un espesor promedio ~ 380 m. El basamento rocoso se infiere con una densidad 2.9 g/cm³ y se localiza a profundidades aproximadas entre los 550 a 800 metros (Formación La Sierra). El basamento se hace más profundo en la parte Norte (~800 m) y más somero hacia el extremo Sur de la cuenca tectónica (~550 m). También, con este estudio se determinaron las características dinámicas (velocidades, periodos, amplificaciones) de los suelos en la zona de Falla Aeropuerto, parámetros que deben de tomarse en cuenta en la planificación de obras civiles y el diseño antisísmico.

EG-28 CARTEL

ANÁLISIS DE DATOS AEROMAGNÉTICOS EN EL VOLCÁN AMADO NERVO, NAYARIT, MÉXICO PARA LA ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO

Castellanos Villalpando Jimena Itzel, Vázquez

Hernández Nancy y Fuentes Arreola Mario Alberto

Universidad de Guadalajara, UDG

jimena.castellanos5188@alumnos.udg.mx

Amado Nervo (21.1503 N, -104.7566 W, 1,447 msnm) es un volcán tipo escudo del cuaternario (0.22 Ma) ubicado en la porción occidental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, en el graben San Pedro-Tepetititl perteneciente al Rift Tepic-Zacoalco. Con base en el contexto geológico-tectónico regional, el volcán Amado Nervo es un interesante prospecto de aprovechamiento geotérmico.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue realizar un modelo preliminar del probable sistema hidrotermal asociado al volcán Amado Nervo. El modelo geológico conceptual fue construido a partir de datos de libre acceso disponibles en las bases de datos del Servicio Geológico Mexicano (SGM) e INEGI. Mientras que, el modelo geohidrológico fue el resultado de integrar la información geológica y de la Comisión Nacional del Agua. Para el modelo geofísico utilizamos datos aeromagnéticos del SGM debido a que han demostrado ser una herramienta eficaz para la evaluación preliminar de zonas geotérmicas. En particular, el volcán Amado Nervo mostró estar caracterizado por una intensa anomalía magnética positiva (~ 900 nT). En este sentido, el análisis espectral de la anomalía magnética observada permitió determinar una profundidad de ~ 2 km para la base de las rocas con características magnéticas. Consultando información publicada relacionada con gradientes geotérmicos en las inmediaciones de la zona de estudio (~ 103 °C # km⁻¹) determinamos que la posible fuente de calor se encuentra a por lo menos 11 km por debajo del volcán. Finalmente, se calculó un potencial geotérmico aproximado de 28 MW como resultado de implementar el método volumétrico con simulación de Montecarlo. Los hallazgos de esta investigación pretenden establecer un marco de referencia para evaluar la factibilidad de los probables recursos geotérmicos del sistema hidrotermal asociado al volcán Amado Nervo.

EG-29 CARTEL

MÉTODOS ELÉCTRICOS PARA DELIMITAR UNA ESTRUCTURA ÍGNEA DENTRO DE LA FALLA SAN FERNANDO- COAPECHACA, PUEBLA

Argüelles Jennifer, Guzmán Rosalinda y De León José
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSCV
 jennifer.morales@itsvc.edu.mx

La zona de estudio se ubica en el municipio de Venustiano Carranza, perteneciente al estado de Puebla, específicamente en la localidad de El Ajengibre (20°26'22" N, 97°40'44" W), al suroeste del municipio. De acuerdo a la carta geológico- minera del Servicio Geológico Mexicano (SGM) Poza Rica, F14-12, se pueden apreciar litologías de rocas ígneas del tipo derrames de lavas basálticos y andesíticos, asociados a diferentes eventos magmáticos situados en el Oriente de México. El estudio realizado se ubica dentro del tramo Norte de la Falla San Fernando-Coapechaca, en la sierra Norte del Estado de Puebla, con el fin de caracterizar la estructura ígnea encontrada en superficie y delimitar sus parámetros en el subsuelo mediante sus propiedades resistivas. Se identificaron los distintos contactos litológicos, así como la presencia de distintas estructuras geológicas primarias (fallas, fracturas, estratificación) mediante la aplicación del método de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE). Este método permite analizar las dimensiones de las estructuras al conocer los valores de resistividad a diferentes profundidades; además de que permite observar las variaciones laterales de dichas estructuras, que lo hace ideal para este estudio de caso. Se empleó el equipo Syscal Junior/R1 Plus, con la configuración electrónica Dipolo-dipolo con 24 electrodos a una separación de 5 m, obteniendo perfiles geoelectrónicos con longitudes de 115 m alcanzando profundidades de entre 20 y 25 m. Los datos geoelectrónicos se procesaron en el software Res2Dinv para realizar el modelo geológico digital del área de estudio. Con los modelos obtenidos se observa una zona bien marcada de discontinuidad geológica en donde las resistividades asociadas identifican el desplazamiento de la Falla (identificada como San Fernando-Coapechaca). Se logra identificar diferentes unidades geoelectrónicas asociadas a otras estructuras geológicas contrastando los valores de resistividad, teniendo resistividades muy elevadas asociadas al intrusivo diorítico, encontrado en la etapa de cartografía previa a este estudio, en donde se observa en el perfil geoelectrónico a profundidad. Existe una estructura estratificada asociada a rocas sedimentarias de tipo areniscas asociada a valores intermedios de resistividad, de acuerdo a las evidencias en campo.

EG-30 CARTEL

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL EN LA FRONTERA DEL DELTA DEL RÍO COLORADO Y DESIERTO DE ALTAR, A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D

Lázaro-Larios Arceo Ernesto, González-Escobar Mario, Reyes-Martínez Carlos Simon, De Basabe Delgado Jonás de Dios, Arregui Ojeda Sergio Manuel, Gallegos-Castillo Cristian A. y Mastache-Román Edgar Agustín
 CICESE
 lazaro@cicese.edu.mx

La cuenca Altar contiene un relleno sedimentario <5 km que representa la primera incursión marina del Golfo de California; mientras que el Delta del Río Colorado, registra una columna sedimentaria >5km. Ambas regiones contienen depósitos deltaicos de dicho río. El conocimiento de la estructura a profundidad de estas regiones y algunas de las fallas que controlaron la subsidencia y acumulación de depósitos deltaicos son poco o desconocidas. Para poder caracterizar algunos rasgos tectonoestratigráficos en donde se considera el límite de estas regiones se utilizaron datos sísmicos adquiridos por PEMEX para procesar e interpretar perfiles sísmicos de reflexión 2D. Los resultados en el sector de la Cuenca Altar muestran que el basamento profundiza hacia el suroeste, que es la misma dirección de progradación del Delta del Río Colorado. Con base en lo observado se considera que la Falla Altar es la continuación de la Falla Dunas en California, mientras que la Falla Arena es la Falla Calipatria. Se identificaron tres sismo-reflectores

principales que definen los límites de tres unidades litoestratigráficas. Los horizontes sísmicos (Cuenca Altar) por encima de la capa denominada HC se observan menos afectados por fallas, mientras que los horizontes ubicados por debajo muestran fallamiento. Se propone que los estratos no fallados fueron depositados tras el abandono de la Cuenca de Altar. Se corrobora que la Unidad denominada UA se correlaciona con la Formación Bouse localizada en Arizona y California, por lo que está presente en el noroeste de México. Se desconoce si esta formación se originó en un estuario marino o un lago salino aislado del océano. Se observa actividad sísmica en algunos de estos sectores, lo cual nos está diciendo a partir de donde la región es tectónicamente activa en dirección a las fallas Cerro Prieto e Indiviso.

EG-31 CARTEL

DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE SITIO Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO APLICANDO MÉTODOS SÍSMICOS AL SUR DE LA CIUDAD DE MONTERREY, NUEVO LEÓN

Regalado Diana¹, Huerta Omar¹, Brito Jimmy² y Moreno Gloria²

¹SISE, Salud Estructural

²Mota-Engil

diana.regalado@si-se.mx

Determinación de efectos de sitio y caracterización del subsuelo aplicando métodos sísmicos al sur de la ciudad de Monterrey, Nuevo León. En la práctica se entiende por efectos de sitio a las modificaciones que sufren las ondas sísmicas por las condiciones preexistentes de los depósitos del suelo en el sitio de interés. Para conocer estas modificaciones en la respuesta del suelo se toman en cuenta, entre otras cosas, los resultados de análisis geofísicos y geotécnicos. Este estudio tiene como objetivo la caracterización del subsuelo para estimar los efectos de amplificación local para la zona sur del municipio de Monterrey, Nuevo León, mediante la ratificación de la velocidad de onda de corte Vs en profundidad, a través de las metodologías de cocientes espectrales H/V, autocorrelación espacial de estaciones (SPAC) y análisis multicanal de ondas superficiales (MASW). Por medio de la inversión de cocientes espectrales H/V se realiza un modelo dinámico unidimensional de capas planas con profundidad Hs y la velocidad Vs, con el fin de determinar funciones de transferencia que representen los efectos del sitio. Por otro lado, con el método SPAC se genera una curva de dispersión de ondas de Rayleigh a partir del cálculo del coeficiente de autocorrelación espacial de mediciones simultáneas de vibración ambiental para obtener el modelo de capas de velocidad Vs a profundidad. Por último, a partir de la técnica MASW se obtiene una curva de dispersión, con la cual es posible calcular la variación de velocidad Vs a profundidad. Con la integración de estos métodos sísmicos se realiza una zonificación sísmica a partir de los periodos fundamentales adquiridos. Por otro lado, con el método SPAC se genera una curva de dispersión de ondas de Rayleigh a partir del cálculo del coeficiente de autocorrelación espacial de mediciones simultáneas de vibración ambiental para obtener el modelo de capas de velocidad Vs a profundidad. Por último, a partir de la técnica MASW se obtiene una curva de dispersión, con la cual es posible calcular la variación de velocidad Vs a profundidad. Con la integración de estos métodos sísmicos se realiza una zonificación sísmica a partir de los periodos fundamentales adquiridos.

EG-32 CARTEL

INVERSIÓN DE FORMA DE ONDA COMPLETA DE DATOS SÍSMICOS EN EL CAMPO TIBER, CAÑÓN DEL NORTE DE KEATHLEY, GOLFO DE MÉXICO

León Cortez Raúl, De Basabe Delgado Jonás de Dios y González Escobar Mario
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
 rleon@cicese.edu.mx

Las técnicas de imagen e inversión sísmica se ven afectadas cuando se tiene la presencia de cuerpos salinos. Debido a las características de estos cuerpos, la carencia de frecuencias bajas y la poca iluminación de los reflectores profundos, los modelos de velocidades obtenidos por técnicas y estrategias convencionales no logran delimitar correctamente estas estructuras lo que, a su vez, impide comprender el comportamiento de los estratos subyacentes y aledaños. Ejemplo de lo anterior es el campo petrolero Tiber el cual se caracteriza por la presencia de múltiples capas de interés petrolero que se encuentran por debajo de un domo salino. La técnica de inversión de forma de onda completa, definida como una técnica de ajuste de datos, en conjunto con el avance computacional, nos permiten explorar nuevas rutas de investigación y estrategias para la recuperación de modelos de velocidad en áreas de estudio con geología compleja. Con base en lo anterior, en este trabajo se aplica inversión de forma de onda completa para los datos sísmicos del campo Tiber utilizando software de código abierto basado en el método de elementos espectrales. Aplicando lo anterior, se presentan resultados preliminares de los modelos de velocidad obtenidos.

EG-33 CARTEL

MODELADO NUMÉRICO DE LA RESPUESTA SÍSMICA EN EL SUBSUELO UTILIZANDO EL MÉTODO DE MATRICES DE RIGIDEZES, CON REGISTROS EN SUPERFICIE Y A PROFUNDIDAD EN EL SITIO DE LA UNIDAD KENNEDY UBICADO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Montes Torres Cesar Eduardo
Centro Universitario de la Costa, UdeG
cesar.montes7720@alumnos.udg.mx

El efecto de sitio producido por las capas superficiales de subsuelo genera la necesidad de utilizar métodos capaces de utilizar las señales en superficie y a profundidad para modelar la respuesta sísmica. Paralelamente Ciudades expuestas a alto riesgo y peligro sísmico han implementado densas y extensas redes con instrumentación sísmica. Esta instrumentación en algunas redes incluye la instalación de instrumentos a profundidad. En este proyecto se pretende utilizar los datos de sismos registrados en dichos instrumentos tanto en superficie como en profundidad para modelar la respuesta sísmica del subsuelo. Se implementará la técnica unidimensional basada en el método de matrices de rigidez para suelos estratificados. Método desarrollado por E. Kausel y J.M. Roesset (1981). Técnica desarrollada a partir del método lineal de propagación de ondas de Thomson-Haskell (Thomson, 1950; Haskell, 1951). El método permite modelar la función de transferencia a través de la propuesta de las propiedades del medio. Considera ondas tipo SH, SV, y P para cualquier ángulo de incidencia. Se usaran datos proporcionados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y el Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED en un sitio de la ciudad de MÉXICO. El aporte de este trabajo consistirá en modelar la señal en superficie a partir de un modelo unidimensional estratificado. Mientras que la señales a profundidad permitirán conocer la contribución de los estratos profundos respectivos a la señal en superficie. Por último dado que se utilizarán registros de la sismicidad en un periodo de tiempo, podrá estimarse el comportamiento del medio (consolidación) a través del tiempo.

EG-34 CARTEL

EVOLUCIÓN DE LA ZONA DE DEFORMACIÓN CALIPATRIA, VALLE DE MEXICALI, MÉXICO USANDO SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D

Reyes Martínez Carlos Simon¹, González Escobar Mario¹, Aladro Chio Young Ho¹, Gallegos Castillo Cristian¹, Arregui Ojeda Sergio Manuel¹, Mastache Román Edgar Agustín¹, Montalvo Arrieta Juan Carlos², Jenchen Uwe² y Velasco Tapia Fernando²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

csreyes@cicese.mx

Presentamos un conjunto de imágenes sísmicas en el Valle de Mexicali y Desierto de Altar. Las imágenes han revelado el Zona de Deformación Calipatria, ubicada al oriente de la Falla Imperial la cual funge como límite de placas entre Pacífico y Norteamérica. En este trabajo presentamos los modelos de evolución que explican desde la existencia de la zona de deformación Calipatria hasta la geometría actual del límite tectónico

EG-35 CARTEL

NUEVAS EVIDENCIAS DEL SISTEMA HIDROTHERMAL DEL COMPLEJO VOLCÁNICO EL CHICHÓN (CHIAPAS, MÉXICO) REVELADAS A PARTIR DE DATOS AEROMAGNÉTICOS

Fuentes Arreazola Mario Alberto¹, Núñez Escobedo Diana², Cupul Velázquez Ana Mercedes³ y Núñez Cornú Francisco Javier⁴

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

²Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid

³Posgrado en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, CUCOSTA-UDG

⁴Sismología y Volcanología de Occidente, SisVOc-UDG

marioafar@gmail.com

El Chichón es el complejo volcánico más joven del moderno Arco Volcánico Chiapaneco y es responsable del desastre volcánico más catastrófico en la historia reciente de México. Antes de la erupción de 1982, el riesgo asociado al Chichón fue subestimado en consecuencia del interés económico por las reservas de hidrocarburos identificadas en las estructuras plegadas que constituyen la Sierra de Chiapas. Después de la erupción, El Chichón fue sujeto a mayor investigación principalmente enfocada en describir sus características geológicas, geoquímicas y geofísicas. Sin embargo, aún existe incertidumbre con respecto a la arquitectura de la subestructura del edificio volcánico y del probable sistema hidrotermal. Por lo tanto, realizamos el análisis de datos aeromagnéticos usando técnicas de reducción-transformación, análisis espectral y modelado directo con el objetivo de delinear los estratos de rocas con propiedades magnéticas y definir los límites de un posible reservorio magmático o regiones de roca fundida. Nuestros resultados mostraron que, los lineamientos magnéticos identificados en las anomalías magnéticas calculadas presentan buena correlación con las características geológicas locales. Mientras que, nuestra interpretación de la profundidad de temperatura de Curie sugiere la presencia de una región de papilla

(mush), constituida de cristales y roca fundida (~4.7 km) debajo del edificio volcánico y representa un sector de transición hacia un reservorio de magma. Con base en el gradiente geotérmico calculado (~101 °C # km⁻¹) estimamos un valor de ~253 mW # m⁻² de flujo de calor y una profundidad de por lo menos 7.5 km para la cima de un reservorio de magma relativamente somero. Finalmente, implementamos el método volumétrico con simulación de Montecarlo y calculamos un potencial geotérmico de 20 ± 13 MW para el probable sistema hidrotermal. Los resultados de este trabajo contribuyen con información crucial que permite reducir la incertidumbre de los modelos conceptuales geológico, geofísico y geohidrológico del sistema hidrotermal y enriquecen la comprensión respecto a la factibilidad de aprovechamiento de los recursos geotérmicos del complejo volcánico El Chichón.

EG-36 CARTEL

ANÁLISIS MAGNETOTELÚRICO DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC

Ávila Oscar¹, Corbo Fernando² y Castro Soto César³

¹Posgrado, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Goethe-Universität Frankfurt am Main

oavila@geociencias.unam.mx

Esta investigación fue desarrollada dentro del marco de un proyecto interdisciplinario, cuyo objetivo es el estudio del Paleocanal de Chicontepec (PC) con fines de exploración petrolera. Este paleocanal pertenece a la provincia petrolera Tampico – Misantla, que es una de las mas importantes en el contexto petrolero de México, y representa un especial interés debido a que en él se encuentran reservorios no convencionales. La complejidad del sistema estructural del área se asocia con diferentes eventos geológicos, dentro de los cuales se encuentran registros de distintas etapas de flujos turbidíticos que dieron lugar a una deposición sedimentaria muy heterogénea, resultando en una estratigrafía con secuencias intercaladas de arcillas y arenas con importantes volúmenes de hidrocarburos. El empleo de la geofísica como una herramienta en la exploración de recursos naturales ha crecido considerablemente en las últimas décadas, representando una ventaja en cuestiones de tiempo y logística que repercute directamente en ahorros económicos. Debido a la importancia de contar con mayor y mejor calidad de información, es necesario expandir el análisis de información recabada por los métodos geofísicos e incluso la combinación entre ellos que permita aportar mayores detalles del sitio en cuestión. En este trabajo se emplearon técnicas electromagnéticas, particularmente el método Magnetotelúrico (MT) de fuente natural, donde se adquirieron, procesaron e interpretaron 90 sitios. Para la inversión de datos se utilizó el algoritmo MODEM (Kelbert et al, 2014). Los modelos de resistividad identifican la geometría del paleocanal, las estructuras geológicas subterráneas y anomalías embebidas en el relleno sedimentario que pueden ser asociadas con la presencia de fluidos, aceites, gas y/o salmueras. Se aborda un análisis detallado de las respuestas electromagnéticas del método como propuesta para su empleo en futuras campañas de prospección de hidrocarburos. Derivado de los diversos análisis realizados en este proyecto, es posible determinar ciertas características en las respuestas electromagnéticas que favorecen el empleo del método MT como herramienta para delimitar zonas de importancia petrolera, en donde se puede focalizar un estudio más detallado con ayuda de la sísmica o incluso técnicas directas. Proyecto CONACYT FC, No. 1787.

EG-37 CARTEL

EXPLORACIÓN MAGNETOTELÚRICA DE ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS EN EL GRABEN SAN PEDRO-CEBORUCO (NW-MÉXICO), A PARTIR DE MODELACIÓN 3-D

Díaz Navarro María Kamila¹, Corbo Fernando¹, Castro César², Ávila Oscar¹, Junge Andreas², Arzate Flores Jorge Arturo¹, Ferrari Luca¹, Rodríguez Pérez Quetzalcóatl¹, Márquez Ramírez Víctor¹, Álvarez Bejar Román¹ y Eysteinnsson Hjálmar⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Goethe-Universität Frankfurt am Main

³Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - CONAHCYT

⁴Reykjavik Geothermal

mdiazna@geociencias.unam.mx

El graben San Pedro-Ceboruco, localizado en el NW de México, hospeda importantes estructuras volcánicas como el estrato-volcán Ceboruco y el complejo domo-caldera San Pedro, cuya presencia se encuentra asociada a la tectónica extensional compleja de la región. En este contexto, se realizó una campaña magnetotelúrica en la que se adquirieron datos BBMT en sitios localizados a lo largo del graben San Pedro-Ceboruco. Los sitios estuvieron distribuidos con un espaciado de ~5 km dentro de un polígono de 40 x 30 km². Esta campaña se desarrolló el marco de los proyectos "Evaluación geotérmica y determinación de la fuente magmática en el Graben San Pedro-Ceboruco" (PAPIIT) y "Mid-to-Deep-crustal Electromagnetic Investigation of Tepic-Zacoalco Rift: Exploring Magmatic Systems and Electrical Anisotropy in Western Mexico" (DFG). El propósito de estos proyectos es investigar los sistemas magmáticos localizados en la región, donde ya se encuentra una planta geotérmica en producción, y caracterizar la distribución de la conductividad eléctrica en profundidad. Esta información es relevante en zonas con fluidos o áreas de alteración hidrotermal, de interés para futuras exploraciones geotérmicas. Se llevó a cabo la inversión 3-D de 41 sitios BBMT, en un rango de 0.001 s hasta 1000 s, del tensor de impedancia completo y de los tippers. Distintas configuraciones de

parámetros de inversión fueron investigadas hasta identificar la más adecuada para lograr un ajuste óptimo de los parámetros de regularización, las dimensiones del modelo y el margen de error de los datos. El modelo 3-D de resistividad muestra una zona de anomalías conductivas (1-10 #m) para los primeros 1.5 km del graben, relacionadas con fluidos derivados de la actividad hidrotermal en la zona. Asimismo, el modelo señala la presencia de estructuras conductivas verticales, en forma de canales, bajo las principales estructuras volcánicas. Estos canales se encuentran limitados por zonas con mayor resistividad, que se correlacionan con los principales dominios geológicos en la región: Bloque de Jalisco y Sierra Madre Occidental.

EG-38 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE LA CUENCA DE VIZCAINO, PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, MEDIANTE EL MÉTODO DE TRANSITORIO ELECTROMAGNÉTICO

González Hernández Julio César, Carrillo González José Emmanuel, Castañeda Cabañas Abraham, Martínez Mirón Yleana Claudia, Pineda Cabrera Ivanna, González Guevara José Luis, Romero Custodio Gabriela, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz Francisco Martín y Juárez Torres José Ángel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

El presente trabajo consta de la revisión y tratamiento de una base de datos recuperados de la cuenca de Vizcaino en la península de Baja California, repartidos en 16 sondeos de transitor electromagnético (TEM) recuperados por el Dr. Carlos Flores Luna y colaboradores en 2013, presentados en un artículo titulado: "On the estimation of the maximum Depth of investigation of transient electromagnetic soundings: the case of the Vizcaino transect, Mexico", en el cual se toman alrededor de 38 sondeos con el propósito de determinar la profundidad máxima posible medir mediante diferentes arreglos de TEM. Se consideraron los primeros 16 de los 38 sondeos originales recuperados por el Dr. Flores y colaboradores, con la finalidad de realizar perfiles electromagnéticos y compararlos con los resultados obtenidos en el artículo presentado dándole en este trabajo prioridad a la caracterización geofísica-geológica, a partir de de la inversión 1D, empleando un software comercial; de esta forma se propondrá un modelo del subsuelo propio, que concuerde con los rasgos geológicos de la zona de interés descritos en los perfiles electromagnéticos visualizados en 2D. La zona de la cuenca sobre la que se ubican los primeros 16 tendidos está conformada por una zona de intrusión salina (Flores et al., 2013) comportamiento esperado en los modelos a obtener. Palabras clave: Perfil electromagnético transpeninsular, península de Baja California, Cuenca de Vizcaino, sondeo electromagnético transitorio, intrusión salina.

EG-39 CARTEL

AVANCES-ESTUDIO DE SÍSMICA PASIVA, MEDIANTE EL MÉTODO SPAC EN LA LOCALIDAD DE PUERTO VALLARTA, JALISCO, MÉXICO

Galeno Rodríguez Miguel Ángel y Zamora Camacho Araceli

Universidad de Guadalajara

mgaleno212@gmail.com

En este estudio a partir de registros de microtemores y el método de autocorrelación espacial SPAC, será posible realizar una estimación confiable de la estructura de velocidades en la localidad de Puerto Vallarta, Jalisco, México. El método SPAC permite obtener información sobre la estratigrafía del área de estudio, considerando la velocidad de fase de ondas superficiales a partir de la correlación de ruidos ambientales, obtenidos con un arreglo instrumental. Para tener una mejor certeza en la interpretación de los primeros metros de profundidad, se considerará en su análisis, los resultados que ofrece la técnica de análisis multicanal de ondas superficiales MASW.

EG-40 CARTEL

ANÁLISIS DE LA DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE CENOTES Y FRACTURAS EN YUCATÁN

Díaz Flores Miguel Ángel¹, Urrutia Fucugauchi Jaime¹ y Grupo Chicxulub²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Estudiantes Ingeniería Petrolera y Geofísica

diazmig@igeofisica.unam.mx

Se presentan los resultados del estudio y digitalización de cenotes en la península de Yucatán. Sus características de forma y relaciones con las fracturas en la zona. Se analizan los efectos en superficie que se produjo en la zona asociados al cráter Chicxulub. Los cenotes que se identificaron están en la zona continental emergida, sus características se obtuvieron utilizando percepción remota de altura STRM y de imágenes satelitales LANDSAT de varios años. Se presenta la integración de los datos y de la información obtenida para determinar si hay correlación entre la distribución y orientación de los cenotes con las fracturas.

EG-41 CARTEL

MODELOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN LA ZONA DE FALLA DE SAN MIGUEL, EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Ventura Marroquin Julia Isabel y Romo Jones José Manuel

CICESE

jventura@cicese.edu.mx

Se sabe que la conductividad eléctrica de las rocas en zonas de fallas activas se ve afectada por la presencia de fluidos y la concentración de minerales arcillosos, lo cual influye en los procesos de fractura y en la generación de sismos. Con base en esto, este trabajo se enfoca en investigar la relación entre la conductividad eléctrica y la sismicidad en la zona de Falla de San Miguel, ubicada en el Valle de Ojos Negros, Baja California, la cual ha presentado una alta actividad microsísmica, así como algunos eventos sísmicos importantes en el pasado. El principal objetivo de este trabajo es analizar la relación entre la conductividad eléctrica del subsuelo y la actividad sísmica, mediante la interpretación de modelos de resistividad del subsuelo estimados a partir de sondeos magnetotéluricos (MT), para conocer si existe una correlación significativa entre ambos procesos. Para lograrlo, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los datos disponibles para poder realizar la inversión 2D y 3D de los datos MT. Los datos de sismicidad incluyen sismos registrados en un período desde 1976 hasta 2023, recopilados por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM, CICESE). Los datos MT consisten en tres perfiles obtenidos en el pasado por integrantes del Departamento de Geofísica Aplicada. En este cartel se muestra la distribución de sismos según profundidad y magnitud, proporcionando una visión detallada de la actividad sísmica en la región. Además, se exponen gráficas de resistividad aparente y fase derivadas de los datos magnetotéluricos, así como algunos parámetros adicionales que permiten analizar patrones y tendencias de la distribución de conductividad eléctrica en la Zona de Falla de San Miguel.

EG-42 CARTEL

IMPORTANCIA DE LAS GEOCIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN LOS PROYECTOS DE NACIÓN - EL CASO DE BALASTO PARA EL TREN MAYA

Hernández Oscoy Ariadna¹, Galaviz Alonso Sergio Alberto¹,

Albarrán Cruz Jesús Emanuel² y Salazar Peña Leobardo²

¹Investigador Independiente

²Instituto Politécnico Nacional, ESIA Ticomán

ari_herz@hotmail.com

Los Proyectos de Nación como el Tren Maya, necesitan ser multidisciplinarios e interinstitucionales, donde la iniciativa privada, principalmente de la construcción, haga uso de las aplicaciones geocientíficas para la viabilidad, apertura, continuidad y cierre de proyectos. El Tren Maya ha sido motivo de una gran activación y reactivación de bancos de materiales para suministrar roca de tipo balasto (granito, basalto, cuarcita y dolomía). Entre 2020 al 2023 se realizaron estudios geológicos-geofísicos en Veracruz y Chiapas, para identificación de materiales pétreos de interés, por petición de contratistas privados, para caracterizar el material y cuantificar reservas mediante percepción remota, geología de campo, geofísica y geotecnia, entre otras. Fueron solicitados cuando las minas ya estaban con baja a nula producción generando la incertidumbre de cumplir con las normas establecidas; y en otros casos se contaba con más de 5 metros de descapote, generando costos extras a excesivos. La carencia del material en bancos ya probados junto con permisos requeridos, no estaba abasteciendo el volumen comprometido. Desde un punto de vista geológico, no se elaboró la existencia de la roca predominante en la zona. El volumen llegó a ser controversia por falta de una caracterización adecuada. Los trabajos aplicaron diferentes técnicas: imágenes satelitales, mapas temáticos, exploración geofísica (magnetometría). En el trabajo de campo se verificó el material y en algunos casos se realizó muestreo-análisis. El objetivo fue determinar tipo de roca, extensión y cálculo del volumen de material volcánico mediante geofísica. En resultados, la magnetometría dedujo el volumen de la roca más densa de todo el banco de material. Sin embargo, los resultados obtenidos del análisis petrográfico, geotécnico y volumen final del material, mostraron no factibilidad en las zonas para la extracción del material volcánico que se utilizaría como balasto. En consecuencia, esto llevó a importar el material de otro país. Esta experiencia muestra la falta del ejercicio de gestión en los recursos naturales. Indica que la exploración de los mismos, deben ejecutarse previamente ante la planeación y aprobación de los proyectos. La falta de esta intervención deriva de una serie de costosas decisiones como la compra de material de otros países en el caso del Tren Maya. La aplicación de las geociencias en la administración científica del territorio, toma importancia en los proyectos públicos o privados para obtener la seguridad y la garantía de los mismos. Resultará en mejores beneficios en planeación, tiempo de ejecución, costos y en el impacto al medio ambiente. Su poca aplicación refleja un desbalance en el ejercicio geocientífico respecto del número de universidades que ofrecen estas carreras.

EG-43 CARTEL

CORRELACIÓN ENTRE MÉTODOS GEOTÉCNICOS Y GEOFÍSICOS SÍSMICOS NO INVASIVOS APLICADOS A UNA CONSTRUCCIÓN CIVIL EN LA CIUDAD DE PUEBLA

Rojas Bueno Denisse, González Hernández Julio César, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruíz José Martín, Juárez Torres José Ángel y Velasco Castro Enrique

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

denisse.rbueno@gmail.com

En la región fisiográfica del Eje Neovolcánico se encuentra la Sierra Volcánica Transversal (SVT), que por su morfología y ubicación geográfica del país es una región con constantes liberaciones de energía sísmica. Ante esta amenaza es preciso minimizar el riesgo en los proyectos de construcción que se encuentren en la SVT. Considerando la popularidad y recurrencia de métodos geotécnicos utilizados en la industria de la construcción para obtener información que a su vez definirá distintos parámetros con los que se diseñan los elementos base de una construcción. Dichos procedimientos son de naturaleza invasiva y puntual; llegando a no ser representativos en la totalidad del predio a utilizar, además del coste de tiempo y recursos que esto puede representar. Planteada dicha problemática, en este estudio se propone considerar los métodos geofísicos no invasivos, específicamente el ensaye de microtemores (ReMi). Realizada en la colonia Ex Hacienda Mayorazgo, ubicada en la Ciudad de Puebla, en esta investigación se llevaron a cabo dos tendidos con profundidad de exploración a 30 m; los cuales arrojan modelos de once capas, demostrando la presencia de suelos compactos, suelos muy compactos y/o rocas blandas (siguiendo la tabla de valores típicos de velocidad de ondas de corte asociada para distintos valores del subsuelo. IBC, 2009). Realizando correlación con datos geotécnicos obtenidos a través de Sondeo de Penetración Estándar (SPT), pruebas índice y ensayos TX/AX, los resultados preliminares arrojan que el modelo geofísico obtenido a través del ensaye de microtemores es consistente.

EG-44 CARTEL

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA SOMERA MEDIANTE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, SÍSMICA DE REFRACCIÓN Y MASW EN LA BAHÍA DEL CAMPO VOLCÁNICO DE SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Rosas Echeverría Hannia Fernanda¹, Martínez Jiménez Myriam², Montero Pérez Valeria³ y Grupo de trabajo Escuela de Verano de Geofísica Aplicada SEG-CISESE³

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, #UNAM

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

³SEG-CISESE

hanniarosech@gmail.com

El Campo Volcánico San Quintín se encuentra en el municipio con el mismo nombre, 180 km al sur de Ensenada, en el estado de Baja California, México. Perteneció a la Provincia geológica del Borde Continental. Con al menos 12 estructuras volcánicas inactivas, el CVSQ no cuenta con rasgos tectónicos activos con los que pueda asociarse su origen. Pese a ello, estudios geoquímicos (Lhur et al. 1995) confirman que se originó como un evento post-subducción, a partir de puntos calientes provenientes del manto dejando coladas de lava volcánica basáltica no contaminada por la corteza continental, lo que lo convierte en el único evento magmático de tipo alcalino en Baja California. Son pocos los trabajos realizados en el lugar y nulos los estudios geofísicos en la zona. En este trabajo, como parte de la tercera edición de la Escuela de verano de Geofísica Aplicada SEG-CISESE, se realizaron prospecciones geofísicas con métodos eléctricos y sísmicos en tres transectos a lo largo de la costa en la barra que comunica a los volcanes Sudoeste y Monte Mazo. Por medio de diferentes softwares, se procesaron los datos y se interpretaron con el objetivo de generar nueva información que relacione las características geológicas superficiales con lo que se encuentra en el subsuelo, así como aumentar el repertorio geológico - geofísico del estado. A partir de los modelos de inversión obtenidos y con la bibliografía geológica preexistente, se propone una representación de la configuración del subsuelo, donde se visibiliza la dirección de flujo de las coladas de lava y se sugieren dos posibles puntos de origen para las mismas, el volcán Sudoeste y el volcán Monte Mazo.

Sesión regular

FÍSICA ESPACIAL

Organizadores

Maria Sergeeva
José Juan González Avilés

FE-1

RED MEXICANA DE ESTACIONES GEOMAGNÉTICAS (REGMEX): PRIMEROS PASOS HACIA UN MONITOREO EN TIEMPO REAL DE LA ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA EN MÉXICO

Corona-Romero Pedro, González Esparza Juan Américo,
Villanueva Hernández Pablo y Andrade Mascote Ernesto
Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
piter.cr@gmail.com

En este trabajo presentamos los primeros pasos para establecer el monitoreo de la actividad geomagnética en México por parte del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) a través de la Red de Estaciones Geomagnéticas de México (REGMEX). REGMEX tiene como objetivo registrar el campo geomagnético en cinco sitios diferentes en tiempo casi real. Los registros geomagnéticos de la red se emplearán para publicar los índices regionales de actividad geomagnética de México (#H y K). En la actualidad México carece de la infraestructura para registrar el campo geomagnético en su territorio, lo cual es una vulnerabilidad significativa a la seguridad nacional y soberanía de México. Este trabajo muestra la forma en que LANCE pretende solucionar tal vulnerabilidad presentando el plan de desarrollo de REGMEX y el estado actual de la red. Además, se muestran las tormentas geomagnéticas registradas por medio de los índices geomagnéticos regionales disponibles, registros que se comparan con los índices planetarios de actividad geomagnética.

FE-2

ESTACION PUMA

Orrala Legorreta Isaác David^{1,2}, Bonifaz Roberto³, González Esparza J. Américo¹,
Sergeeva Maria^{1,4}, Gatica Acevedo Víctor José¹ y Melgarejo Morales Angela¹

¹SGIESMEX, LANCE, IGUM, UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM³IGEF-UNAM⁴CONAHCYT

maria.a.sergeeva@gmail.com

El desarrollo de la infraestructura científica en el territorio nacional para estudios de los fenómenos relacionados a la actividad solar es prioridad para el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE). Como parte de esta tarea es necesario realizar el sondeo ionosférico oblicuo, uno de los métodos recomendados por la Organización de Aviación Civil Internacional para vigilar las condiciones ionosféricas que pueden ser afectadas por el Clima Espacial. En abril de 2023, en el estado de Chiapas se logró instalar la estación PUMA. Esta es una estación preliminar equipada con una ionosonda tipo chirp, antena de transmisión/recepción para sondeo ionosférico oblicuo y un sistema de grabación. Como la primera etapa del desarrollo de la estación, se realizaron pruebas en el sitio necesarias para la calibración de los equipos y precisión de la orientación de la antena. Para elegir el régimen óptimo de operación se necesitó obtener mediciones bajo diferentes condiciones. Se reportan estas actividades y adquisición de estadística necesaria para la calibración de estación permanente en el futuro.

FE-3

SISTEMA DE ENVIO DE DATOS DEL MEXART

Villanueva Hernández Pablo¹, Barón Martínez Griselda¹, Aguilar Rodríguez Ernesto²,
González Esparza Juan Américo², Mejía Ambríz Julio³ y Andrade Mascote Ernesto²

¹Observatorio de Centelleo Interplanetario, UNAM, MEXART²Instituto de Geofísica, UNAM³Investigadores por México

pablo@geofisica.unam.mx

El MEXART, es un radio telescopio de gran área dedicado al estudio de radio fuentes, usando la técnica de centelleo interplanetario. Hace un par de años se cambio el sistema formador de haces por uno digital, con este sistema se facilitó la recolección de datos. En este trabajo se muestran los programas y las rutinas para enviar los del MEXART y también algunas de las observaciones resientes.

FE-4

ESTIMATION OF IONOSPHERIC MODEL PERFORMANCE FOR MEXICO

Gatica Acevedo Víctor José¹, Maltseva Olga A.², González Esparza Juan Américo¹ y Orrala Legorreta Isaác David¹

¹LANCE, IGUM, UNAM, México²Institute for Physics, SFU, Russia

vic_gatica@hotmail.com

The theoretical and empirical models make possible ionospheric behaviour simulation and forecasts. One of the most developed models is the International Reference Ionosphere (IRI). The family of IRI includes various versions of this model. The performance of IRI-2016, IRI-2020 and IRI-Plas were examined for the center of Mexico. There were revealed the hours of the day with the high correspondence between the modeled and experimental results. In general, the models tend to overestimate the observed values of Total Electron Content. However, the results for the particular time moment depend on the model version and the part of the solar cycle. It was proved that even under quiet ionospheric conditions the modeling by these models for the Mexican region requires improvement.

FE-5

IMPLEMENTACIÓN DE UN DETECTOR DE RAYOS CÓSMICOS SOLARES

Garza Salazar Adolfo

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

adolfo.garza@gmail.com

Los rayos cósmicos son partículas de alta energía que puede provenir de estrellas como el Sol, o su origen puede ser fuera del sistema solar, ya sean galácticos o extra-galácticos. Aquí en la Tierra, a nivel de suelo, estas partículas pueden ser detectadas mediante diversos instrumentos, como son los detectores Cherenkov, los detectores de muones, los detectores de neutrones o detectores centelladores, todos ellos lo que en realidad detectan son partículas secundarias, resultantes de la interacción de los rayos cósmicos primarios con los átomos y moléculas de las diversas capas de la atmósfera, las cuales son llamadas cascadas de partículas extensas (Extensive Air Shower o EAS por sus siglas en inglés). En este proyecto se presenta el diseño y construcción de un detector Cherenkov en agua, el cual será instalado en el cerro del Picacho en Iturbide, Nuevo León, a 2,400 m de altura sobre el nivel del mar, con la finalidad de detectar en esta región del noreste del País, las partículas generadas debido a la interacción de los rayos cósmicos (de baja energía o solares) y estudiar la física de astropartículas del universo extremo, los fenómenos de clima espacial transitorios y de largo plazo a través de la modulación solar de los rayos cósmicos.

FE-6

CATÁLOGO ACTUALIZADO DE FUENTES DE RADIO DE IPS DETECTADAS POR EL MEXART

Barón Martínez Griselda¹, Aguilar Rodríguez Ernesto², Mejía Ambríz Julio César³, Chang M. Oyuki³, González Esparza J. Américo², Villanueva Hernández Pablo² y Andrade Mascote Ernesto²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM³RAL Space, United Kingdom Research and Innovation

griselda@igeofisica.unam.mx

El MEXART (Mexican Array Radio Telescope) es un radiotelescopio dedicado a observaciones de centelleo interplanetario (IPS, por sus siglas en inglés) con la finalidad de estudiar propiedades del viento solar, tales como su velocidad y densidad. Consiste en un arreglo de 64 x 64 dipolos que opera a una frecuencia central de 139.65 MHz y ancho de banda de 12.5 MHz. En 2019 se cambió el modo de operación del instrumento de manera analógica a digital, con esta actualización, ahora se pueden observar más fuentes de IPS. En este trabajo se muestra el nuevo catálogo de fuentes de IPS que observa la antena, así como un ejemplo del uso de estas observaciones para realizar estudios de clima espacial.

FE-7

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

Varela-Mendez Ariana¹, Rodríguez-Martínez Mario¹,
Aguilar-Rodríguez Ernesto² y Romero-Hernández Esmeralda³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica Unidad Morelia, UNAM

³Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

ariana.vam@comunidad.unam.mx

En este trabajo se presenta el análisis realizado para estudiar la respuesta de la ionósfera, en términos de las variaciones del vTEC y cálculos de algunos índices ionosféricos (W, delta, ROTI y S4), para distintas estaciones de GPS sobre territorio mexicano, durante eventos solares que dieron origen a tormentas geomagnéticas intensas del ciclo solar 24, las cuales se analizaron de acuerdo con la estación del año en la que se presentaron y con base en los alcances de este estudio se llevó a cabo la evaluación de la respuesta de la ionósfera correlacionando la entrada de energía durante el inicio repentino de una tormenta geomagnética y los distintos índices ionosféricos antes mencionados. Para este análisis se utilizaron diversas herramientas estadísticas, como los softwares GPS-TEC, Tec-suite y TyAbsTec, datos de observación y navegación RINEX, además de los índices geomagnéticos Dst, SYM-H y Kmex, los cuales son usados tradicionalmente para estudiar tormentas geomagnéticas, en donde se registró una correlación entre estos, si bien la resolución temporal es distinta, cada uno de los índices hizo la misma detección de la perturbación del campo magnético en los días señalados, aunque con pequeñas diferencias en la hora que se detectó, sin embargo no se encontró una correlación con el movimiento de rotación de la Tierra, ya que las tormentas más intensas (-234 y -198 nT) se presentaron en primavera e invierno, caso contrario, la tormenta más débil (-101 nT) también se presentó en invierno y la segunda más débil (-110 nT), en otoño. A partir de este estudio se encontró una correlación entre las tormentas geomagnéticas intensas y el comportamiento del vTEC detectado a diferentes latitudes analizado por los softwares GPS-TEC, Tec-suite y TyAbsTec, se pudo observar un mayor incremento del vTEC asociado a cada tormenta geomagnética estudiada en este trabajo en la parte sur del territorio mexicano, y una menor respuesta en la parte norte de México. Así mismo, se observó una relación entre el momento del ciclo solar en el que se produce la tormenta geomagnética y el comportamiento del vTEC, ya que al encontrarse en la fase mínima del ciclo solar 24, la variación del TEC fue mínima, encontrándose valores del TEC no mayores a 45 UTEC para las estaciones GPS estudiadas.

FE-9

EL CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO, UN ANÁLISIS PRELIMINAR

Sánchez-García Elsa

Laboratorio Nacional de Clima Espacial, UNAM

elsasg@igeofisica.unam.mx

El monitoreo continuo y en tiempo real de Sol, la actividad solar y sus repercusiones al entorno geomagnético son los temas primordiales del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE). En este trabajo mostraremos un análisis preliminar de las afectaciones que han generado las estructuras de gran escala (eyecciones de masa coronal y regiones de interacción entre corrientes) sobre territorio mexicano. Para ello nos basamos en resultados de los reportes semanales y de los datos de los diferentes instrumentos a cargo del LANCE (magnetómetros, ionosona, antena callisto y detector de rayos cósmicos).

FE-10

RESPUESTA DE LOS ÍNDICES DE CENTELLEO A PERTURBACIONES DE DIFERENTE ORIGEN EN LA ALTA ATMÓSFERA

Melgarejo Morales Angela¹, Martínez Félix Carlos Alberto²,
Cabral-Cano Enrique¹ y Aguilar Rodríguez Ernesto¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

angela@igeofisica.unam.mx

Los índices de centelleo ionosférico miden la variabilidad temporal de las señales de radiofrecuencia que atraviesan la ionósfera. Reaccionan de manera única ante perturbaciones ondulatorias en la alta atmósfera provocadas por eventos físicos de distintos orígenes, lo que los convierte en instrumentos valiosos para la investigación científica. Este trabajo demuestra que los índices de centelleo ionosférico son una herramienta versátil para el estudio de manifestaciones de Clima Espacial y terremotos sobre el territorio nacional. Gracias a la utilización de datos de receptores de alta resolución temporal proporcionados por las redes de GNSS del Servicio Sismológico Nacional y TLALOCNet, se pueden realizar investigaciones profundas y obtener información valiosa para la comprensión de los procesos de la alta atmósfera y los eventos que los afectan. La disponibilidad de estos datos en tiempo real y a largo plazo facilitará el monitoreo constante y la investigación científica de los fenómenos físicos correspondientes.

FE-11

OPTICAL RADIATION OF NANOEMITTERS NOHOMOGENEOUS STRUCTURES IN THE SPACE

Burlak Gennadiy, Karlovich Yuri y Martínez-Ocampo Jonathan

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

gburlak@uaem.mx

We study the dynamics and optical emission of randomly distributed in the space nanoemitters (NEs) integrated into two-dimensional (2D) structure of dispersive nanorings (NR) enhanced by the plasmon-polariton (PP) excitations. We show that the transition time to the laser generation regime (instability) of optical fields significantly depends on the plasma frequency ω_p of the nanorings. The plasmon-polariton fields is excited macroscopically in the whole system if ω_p of nanoemitters exceeds a certain critical transition value $\omega_p > \omega_c$. The latter leads to a strong coupling of the optical emission with the PP fields and a critical increase of the integral electrical current in total the NR array. We found the analytical dependence of the critical current amplitude $I = I(\omega_p/\omega_c)$ as function of nanorings plasma frequency, which is in a good agreement with the numerical simulations. The critical transition frequency ω_c weakly depends on the number of nanoemitters, in contrast to the saturation current amplitude I at large $(\omega_p/\omega_c) \gg 1$. This effect may allow the design of new types of active devices to investigate the electromagnetic phenomena in optical frequency range in the spatial physics.

FE-12

DESPLAZAMIENTOS DE FUENTES DE RAYOS-X, CASO DE LA RÁFAGA DEL 06 DE JULIO DE 2006

Mendoza Torres José Eduardo¹ y Pérez-León José Enrique²

¹INAOE

²UANL

mend@inaoep.mx

Se reportan datos de la ráfaga de clase M2.5 ocurrida el 06 de Julio de 2006, tanto en rayos X (de 3 a 100 keV), tomados con RHESSI, como en el UV, observados por TRACE. Las capacidades de resolución angular y espectral del observatorio espacial RHESSI permitieron monitorear del movimiento de fuentes de rayos X a través de la estructura del arco magnético asociado a la ráfaga en su fase principal. Una de las fuentes registró desplazamientos que indican estar constreñida al interior del arco y moviéndose a lo largo del mismo. Anteriores análisis de dichos movimientos concluyen que los flujos de partículas hacia las partes bajas del arco no son lo suficientemente intensos para generar Evaporación Cromosférica. Tomando en cuenta eso, en este trabajo analizamos la viabilidad de que los desplazamientos se deban a variaciones en la dispersión de valores de los ángulos de tiro de las mencionadas partículas con el cono de escape definiendo la ubicación de las mismas.

FE-13

SCATTERING AND DIFFRACTION OF 2D ACOUSTIC WAVES ON POLYGONAL-TYPE OBSTACLES

Karlovich Yuri y Burlak Gennadiy

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias, UAEM

karlovich@uaem.mx

Scattering and diffraction of time-harmonic acoustic waves on polygonal-type obstacles with different surface material properties and piecewise smooth boundaries admitting angles is studied in 2D spaces. Integral representations for the solutions of the Dirichlet and the Neumann boundary value problems for the Helmholtz equation with non-regular data are elaborated. Applying such integral representations, the mentioned problems are reduced to integral equations with non-regular data. Making use of the limit operators techniques and the theory of harmonic and subharmonic functions, the solvability of the Dirichlet and the Neumann boundary value problems for the Helmholtz equation is studied in the Sobolev space setting. Analytic and numerical methods of constructing solutions for obtained equations are considered. Results essentially depend on the geometry of the boundaries of obstacles.

FE-14

CARACTERIZACIÓN DE LAS PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS VIAJERAS USANDO DATOS DEL GNSS

Romero Hernández Esmeralda¹, Salinas Samaniego Federico², Jonah Olusegun³, Aguirre Gutiérrez Rogelio⁴, Marcos Denardin Clezio⁵, Aguilar Rodríguez Ernesto⁶, Picanzo Giorgio A.⁷, Rodríguez Martínez Mario⁷, Andrade Mascote Ernesto⁶ y Pérez Tijerina Eduardo¹

¹Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

²Centro de Investigación en Matemáticas

³SRI International, Geospace

⁴Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

⁵Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

⁶Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁷Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM, Campus Morelia

cefyda_ism@yahoo.com.mx

Las perturbaciones ionosféricas viajeras (TIDs por sus siglas en inglés) son irregularidades en el plasma originadas por inestabilidades en la baja atmósfera. En este trabajo se busca identificar y analizar las propiedades de las TIDs (periodo asociado a la perturbación, horario de ocurrencia, intensidad, etc.) en tres regiones del país durante el 2018 y 2019. Para ello se utilizaron datos del contenido total de electrones (TEC) estimado con los datos de los receptores de GNSS: MNIG (25.6°, -100.3°), LNIG (24.9°, -99.5°), PALX (31.6°, 116.1°), PTEX (32.3°, 116.5°), UCOE (19.8°, -101.6°), CN24 (19.6°, -88.1°), UNPM (20.9°, -86.9°). Mediante un análisis espectral basado en la transformada Wavelet se pretende identificar los periodos predominantes de las perturbaciones ionosféricas y además de otros aspectos físicos.

FE-15

RESPUESTA GEOMAGNÉTICA ASOCIADA CON TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS INTENSAS EN REGIONES DE LATITUDES BAJAS: CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO

Castellanos Velazco Carlos Isaac¹, Corona-Romero Pedro¹, González-Esparza Juan Américo¹, Caccavari-Garza Ana Luz² y Sergeeva Maria¹

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Servicio Magnético

ccastellanos@igeofisica.unam.mx

Estudio de las manifestaciones del clima espacial en el centro de México al aislar la respuesta geomagnética local de su contraparte planetaria. Para llevar a cabo esto, analizamos 20 tormentas geomagnéticas intensas al identificar la contribución ionosféricas en los datos geomagnéticos obtenidos en el centro México. El análisis indica que la respuesta geomagnética regional está principalmente influenciada por corrientes ionosféricas. También se encontró que las corrientes de perturbación polar número 2 (CPP2) y la corriente de dinamo perturbado (CDP) son particularmente relevantes para la respuesta geomagnética regional. Finalmente, se muestra que la actividad geomagnética regional puede ser aproximada al combinar los efectos de la respuesta geomagnética planetaria y la perturbación magnética inducida mediante las corrientes ionosféricas antes mencionadas.

FE-16

SEMÁFORO PARA EL MONITOREO DE LAS VARIACIONES DEL FLUJO DE PARTÍCULAS SOBRE LA CDMX EN TIEMPO REAL

González Luis Xavier

Servicio de Clima Espacial México, IGUM, UNAM, SCIESMEX

xavier@igeofisica.unam.mx

Se presenta el diseño e implementación de un sistema en línea que permite detectar y catalogar, en un semáforo en tiempo real, las variaciones en el flujo de partículas registradas en el Observatorio de Rayos Cósmicos de la CDMX atribuidas a la afectación por las emisiones solares. Para su desarrollo se programó y automatizó un modelo estadístico y probabilístico para analizar y comprender los datos y delimitar los valores de estabilidad y significación.

FE-17

ESTUDIO DE EVENTOS DE CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO DURANTE EL MÍNIMO DEL CICLO SOLAR 24

González Esparza Juan Américo¹, García Sánchez Elsa¹, Corona Romero Pedro¹, Sergeeva Maria¹, González Méndez Luis Xavier², Aguilar Rodríguez Ernesto³, Mejía Ambríz Julio⁴, Gatica Acevedo Víctor⁴, Melgarejo Morales Angela⁴, Castellanos Velazco Carlos Isaac³, Caraballo Ramon¹, Andrade Mascote Ernesto¹ y Villanueva Hernández Pablo¹

¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

americo@igeofisica.unam.mx

El clima espacial y sus efectos en la Tierra son áreas de investigación crítica para comprender y mitigar los impactos potenciales en nuestras tecnologías y sistemas de comunicación. Este estudio se centra en analizar los eventos de clima espacial

en México durante el mínimo del ciclo solar 24 (2028-2020), un período de menor actividad solar que puede tener consecuencias únicas para nuestra atmósfera y entorno electromagnético. Durante el mínimo del ciclo solar 24, se observaron algunos eventos moderados de actividad solar, perturbaciones en el viento solar, actividad geomagnética, perturbaciones ionosféricas, variaciones en el flujo de rayos cósmicos y corrientes inducidas geomagnéticamente en el sistema eléctrico nacional. Estos fenómenos pueden influir en la propagación de señales de radio, la navegación por GPS y la integridad de la red eléctrica. En este estudio, se recopilaron y analizaron datos de diversas fuentes, incluidas estaciones terrestres y satélites, para evaluar el impacto de estos eventos en México. El estudio ofrece una visión integral de cómo el clima espacial puede afectar a México durante el mínimo del ciclo solar 24. Esto permite establecer los primeros valores de actividad mínima en una escala de referencia regional. Este es un primer paso para posteriormente determinar valores de referencia en el máximo de ciclo y conocer, en base a mediciones propias, los parámetros de variación de clima espacial en México. Esto permitirá, entre otras cosas, tomar decisiones informadas en la planificación y el diseño de sistemas tecnológicos y de comunicación más robustos y resistentes a eventos solares extremos.

FE-19

SIMULACIÓN PRELIMINAR DEL TELESCOPIO CENTELLADOR DE RAYOS CÓSMICOS (SCICRT) DEL OBSERVATORIO DE RAYOS CÓSMICOS SIERRA NEGRA

Monterde Andrade Fernando¹, González Méndez Luis Xavier², Valdés Galicia José Francisco¹ y Newton Bosch Bertha Jania¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM / Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX)

fmonterde@igeofisica.unam.mx

El SciCRT es un detector de rayos cósmicos de última generación y forma parte del Observatorio de Rayos Cósmicos de Sierra Negra (ORC-SN) que se encuentra en la cima del volcán de Sierra Negra en Puebla, México (19.0 N 97.3 O) a 4580 m s.n.m. (584 g/cm²). Debido a su posición geográfica y altitud, el ORC-SN es un sitio de observación de rayos cósmicos de nivel internacional. Con base en la herramienta Geant4, simuló la respuesta del SciCRT a la detección de diferentes especies de partículas con energías de 100, 250, 500, 750 y 1000 MeV. Nuestros resultados son consistentes con resultados de simulaciones previas y, con el uso de nuevas bibliotecas de programación, se aporta nueva información sobre el desempeño del SciCRT.

FE-20

TORMENTAS DE ONDAS TIPO ESPEJO EN LA MAGNETOFUNDA TERRESTRE

Rojas Castillo Diana Ivett

Instituto de Geofísica, UNAM

dianarc@igeofisica.unam.mx

Las magnetofundas planetarias son regiones con plasma altamente perturbado donde abundan ondas de ultra baja frecuencia que son cruciales en la redistribución de energía y momento desde la región del choque y hasta la magnetopausa. Debido a la anisotropía en la temperatura de iones y a los elevados valores de la beta del plasma que caracterizan a tales regiones, uno de las inestabilidades ahí presentes es la de tipo espejo. Las ondas asociadas a esta inestabilidad se observan frecuentemente en el viento solar además de los ambientes magnetosféricos. Estudios previos han reportado la ocurrencia de tormentas tipo espejo en el viento solar, las cuales consisten en trenes de hoyos y picos en la magnitud del campo magnético que pueden durar horas. En este trabajo exploramos las características de tormentas espejo observadas en la funda terrestre con las misiones THEMIS y MMS, como son su evolución temporal y la de las distribuciones de iones asociados. Estudiamos además el rol de los electrones y partículas alfa.

FE-21

MODELACIÓN DE IMPACTO DE NEOS SOBRE TERRITORIO MEXICANO

Gutiérrez-Zalapa Raúl^{1,2}, Rodríguez-Martínez Mario¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto³ y Estevez-Delgado Joaquín⁴

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia, UNAM

²Universidad Intercultural Indígena de Michoacán

³Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

⁴Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
raulgz@comunidad.unam.mx

En este trabajo se muestra el uso e implementación de un código numérico que hace uso de parámetros fijos como: longitud, densidad, velocidad, ángulo de entrada a la atmósfera de un NEO (objeto cercano a la tierra por sus siglas en inglés) así como del valor de la densidad en el lugar de impacto, para estudiar el impacto y los efectos locales generados por dicha colisión. Entre estos efectos se encuentra la energía liberada durante el proceso de impacto, el diámetro y la profundidad del cráter generado, la magnitud del sismo, las repercusiones debidas a la onda de calor y finalmente, el daño a la población cercana al sitio de impacto. Como escenario

de prueba, se ha planteado responder la pregunta de ¿Cuáles hubiesen sido los efectos si el objeto que se precipitó el pasado 25 de julio de 2023 hubiese impactado en territorio mexicano? Tomando en consideración los valores físicos del objeto (al momento del impacto), como los obtenidos mediante una modelación 2-dimensional de del fenómeno antes mencionado.

FE-22

EVENTOS DE CLIMA ESPACIAL DETECTADOS CON EL MEXART EN EL CICLO SOLAR 25

Mejía-Ambríz Julio César¹, Aguilar Rodríguez Ernesto¹, González Esparza Juan Américo¹, Andrade Mascote Ernesto¹, Villanueva Hernández Pablo¹, Barón Martínez Griselda² y Barrón Cano Elvia Patricia³

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Astrofísica Óptica y Electrónica

jamejia@geofisica.unam.mx

El radiotelescopio MEXART observa a 140 MHz con un ancho de banda de 12.5 MHz dividido en 512 canales. Es un instrumento de tránsito que está destinado principalmente a detección remota de viento solar usando centelleo interplanetario. Durante los tránsitos solares el instrumento puede detectar fulguraciones, regiones activas y estallidos de radio. En este trabajo reportamos la identificación de una eyección de masa coronal (EMC) mediante centelleo interplanetario, ubicando su velocidad y densidad en distintas regiones entre el Sol y la Tierra. Mostramos también un análisis del espectro de potencias de la intensidad del Sol bajo la influencia de regiones activas y fulguraciones. Estos eventos corresponden a la fase ascendente del Ciclo Solar 25.

FE-23

INFLUENCIA DE TORMENTAS ELÉCTRICAS SOBRE LOS RAYOS CÓSMICOS DETECTADOS POR EL TELESCOPIO DE NEUTRONES SOLARES DE SIERRA NEGRA

Newton Bosch Bertha Jania, González Méndez Luis Xavier, Valdés Galicia José Francisco y Monterde Andrade Fernando

Instituto de Geofísica, UNAM

janeutron@ciencias.unam.mx

Se estudiaron, teórica y experimentalmente, los efectos de los campos eléctricos atmosféricos, generados por tormentas eléctricas, sobre los rayos cósmicos secundarios. En el ámbito experimental, se analizó la influencia de tormentas eléctricas ocurridas desde octubre de 2019 hasta marzo de 2020, sobre los rayos cósmicos detectados por el Telescopio de Neutrones Solares (TNS) en Sierra Negra, Puebla, localizado a 4580 msnm. Los canales S2, S3, y S4 del TNS fueron analizados durante las tormentas eléctricas del periodo establecido. Estos canales detectan partículas cargadas con niveles de deposición de energía de $E > 60, 90$ y 120 MeV, respectivamente. Se encontraron variaciones significativas en la tasa de conteo de al menos un canal del TNS para 12 eventos analizados. Además, con base en la teoría general de Dorman y simulaciones realizadas con CORSIKA y EXPACS, se calcularon las variaciones de los rayos cósmicos secundarios atribuidas a tormentas eléctricas en Sierra Negra.

FE-24

UMBRALES REGIONALES DE VALORES DE TEC QUE INDICAN TORMENTAS IONOSFÉRICAS

Sergeeva Maria¹, González Esparza J. Américo² y Corona Romero Pedro¹

¹CONAHCYT, SCIESMEX, LANCE, IGUM, UNAM

²SCIESMEX, LANCE, IGUM, UNAM

maria.a.sergeeva@gmail.com

Un servicio nacional de Clima Espacial (CE) provee a los usuarios interesados con productos relacionados con CE. Estos incluyen reportes y notificaciones sobre las condiciones actuales de CE sobre el territorio nacional. Las perturbaciones de CE se consideran en términos de riesgos potenciales en sistemas tecnológicos. Una de las tareas a resolver es la definición de umbrales para los parámetros vigilados que marcan el acontecimiento de eventos de CE peligrosos. En este trabajo, se busca la respuesta sobre qué intensidad de tormentas ionosféricas se debe reportar en México. Las tormentas ionosféricas están relacionadas a las tormentas geomagnéticas debido al acoplamiento entre la magnetosfera y la ionosfera. El Contenido Total de Electrones (TEC) es el parámetro que se usa para caracterizar el estado ionosférico. Las variaciones de TEC están directamente relacionadas con el error de posicionamiento de los GNSS. Actualmente, faltan datos físicos sobre eventos severos y retroalimentación de los usuarios en México. Por lo anterior, se aplica un enfoque estadístico para definir los umbrales de TEC correspondientes. Se toman en cuenta la frecuencia de perturbaciones de TEC en la región en combinación con la intensidad de estos eventos.

Sesión regular

GEODESIA

Organizador
Guillermo Cisneros

GEOD-1

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN PRECISIÓN DE SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO Y SERVICIOS EN LÍNEA PARA EL PROCESAMIENTO PPP-GNSS EN MODO ESTÁTICO

Vázquez-Ontiveros J. Rene¹, Padilla-Velazco Jorge¹, Vázquez-Becerra G. Esteban¹, Gaxiola-Camacho J. Ramón², Guzmán-Acevedo G. Michel¹ y Monjardín-Quevedo Jesús¹

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

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

jesusrene@uas.edu.mx

El Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) es una técnica que obtiene la ubicación precisa de un punto sobre la superficie terrestre utilizando un único receptor del sistema global de navegación satelital (GNSS, por sus siglas en inglés). PPP no requiere de una estación base con coordenadas conocidas, diferenciándolo del método de posicionamiento relativo que requiere acceso a las observaciones desde una o más estaciones base. PPP utiliza las observaciones de la fase de la portadora como el principal observable para la determinación de la posición con una precisión milimétrica cuando se consideran productos precisos finales y condiciones de medición favorables. En los últimos 15 años, PPP ha ganado popularidad en la comunidad científica al considerarse como una alternativa potencial al posicionamiento relativo. Actualmente, existen diferentes software científicos, de código abierto, académicos y servicios en línea para el procesamiento de datos GNSS a través de la técnica PPP en modo estático. Sin embargo, solo unos pocos estudios han evaluado el rendimiento de la precisión de una gran cantidad de diferentes software de código abierto y se han centrado ampliamente en los servicios PPP en línea. Por lo tanto, en este estudio se presenta un análisis y comparación exhaustiva del procesamiento PPP en modo estático entre diferentes software de código abierto y servicios PPP en línea. Para la evaluación, se procesaron archivos de observación GNSS recopilados de 45 estaciones pertenecientes al Servicio GNSS Internacional (IGS, por sus siglas en inglés) distribuidas alrededor del mundo. Se estudiaron diez software de código abierto y cinco servicios PPP en línea. Los resultados de la estrategia de procesamiento demuestran que es posible obtener precisión en el orden de milímetros tanto en software como en servicios PPP en línea. Además, los servicios PPP en línea presentaron un mejor rendimiento que algunos software de código abierto. En resumen, los resultados muestran que las soluciones diarias para las componentes E (Este), N (Norte) y U (Vertical) estimadas por los diez software de código abierto y por los cinco servicios PPP en línea pueden alcanzar una precisión milimétrica para algunas estaciones. Entre los software de código abierto, PRIDE-PPPAR presentó el mejor desempeño con un error cuadrático medio (RMSE, por sus siglas en inglés) de 5.52, 5.40 y 6.79 mm en las componentes E, N y U, respectivamente. Alternativamente, en el caso de los servicios PPP en línea, APPS y CSRS-PPP produjeron los resultados más precisos, con RMSE inferiores a 12 mm para las tres componentes. Finalmente, los software de código abierto y servicios PPP en línea alcanzaron un rendimiento de posicionamiento similar en la componente horizontal y vertical, lo que demuestra que ambos pueden implementarse en modo estático sin comprometer la precisión de la medición.

GEOD-2

MONITOREO GNSS DEL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA, MÉXICO: RESULTADOS PRELIMINARES

Ávila-Barrientos Lenin¹, Cabral-Cano Enrique², Nava Pichardo F. Alejandro³, Reinoza Carlos E.³, Salazar-Tlaczani Luis², Fernández-Torres Enrique⁴ y Arciniega-Ceballos Alejandra⁵

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CONACyT-CICESE

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

⁵Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Departamento de Vulcanología
lenavila@cicese.mx

El volcán de Fuego de Colima es un estratovolcán que ha presentado al menos tres erupciones plinianas en su historia, por lo que es considerado uno de los volcanes más activos en México y Norteamérica. El volcán de Fuego cuenta, para su monitoreo, con siete estaciones GPS/GNSS permanentes. En este trabajo mostramos los resultados preliminares del análisis de los datos registrados durante el periodo 2011 al 2019. Los datos fueron procesados usando la estrategia de doble diferencia, para obtener los vectores de velocidad y las series de

posición-tiempo. En las series de posición-tiempo es posible observar periodos con cambios de baja amplitud (centímetros) interpretables como deflación e inflación del edificio volcánico. Los episodios de inflación se correlacionan con el tiempo de emplazamiento de domos. Las explosiones registradas en el volcán coinciden con decrementos en las series de tiempo. En el periodo del 2011.60 al 2012.91, durante el cual no hay registro de explosiones o fumarolas, se observa deformación del edificio volcánico que puede estar asociada con movimientos de magma. Los desplazamientos y movimientos registrados sugieren que la fuente de deformación podría estar localizada hacia el noroeste del cráter del volcán de Colima.

GEOD-4

ALCANCE DE LOS RECEPTORES GNSS DE BAJO COSTO DE ALTA VELOCIDAD EN EL MONITOREO DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES EN TIEMPO REAL: UNA POSIBILIDAD AL MONITOREO DE LA SALUD ESTRUCTURAL

Vázquez-Ontiveros J. Rene¹, Vázquez-Becerra G. Esteban¹, Cabanillas-Zavala Juan L.¹, Arias-Gallegos Alejandro², Gaxiola-Camacho J. Ramón³ y Guzmán-Acevedo G. Michel¹

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

²Finnish Geospatial Research Institute

³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

jesusrene@uas.edu.mx

Los Sistemas Globales de Navegación Satelital (GNSS, por sus siglas en inglés) se han convertido en una herramienta fundamental en el monitoreo de desplazamientos en tiempo real dentro del área de las geociencias e ingeniería, al permitir identificar los peligros potenciales por deformación. Los receptores GNSS de alta velocidad (hasta 100 Hz) en el Monitoreo de la Salud Estructural (SHM, por sus siglas en inglés) ofrecen ventajas adicionales, ya que algunas estructuras civiles (puentes, edificios) altamente dinámicas requieren ser estudiadas mediante una frecuencia de muestreo alta para identificar parámetros estructurales, como la frecuencia fundamental de vibración y desplazamientos dinámicos. Desafortunadamente, el receptor GNSS geodésico tradicional con su alto costo hace que sea difícil de adquirir por universidades que tienen bajo presupuesto y esto limita su aplicación en sistemas SHM sobre estructuras. Por lo cual, en este estudio se analizó por primera vez los alcances de los receptores GNSS de bajo costo en el monitoreo de desplazamientos en tiempo real. Se llevó a cabo una serie de experimentos de detección de desplazamientos horizontales y verticales para evaluar el rendimiento del receptor GNSS de bajo costo ZED-F9P de doble frecuencia. Además, se establecieron 15 combinaciones GNSS, 4 frecuencias de muestreo (1, 5, 10 y 20 Hz) y 4 ángulos de elevación (8°, 10°, 12° y 15°). También, se definió un movimiento horizontal con una trayectoria circular de 5 mm de radio y cuatro movimientos verticales de 3, 1, 3.5 y 0.5 cm. La combinación G+R+E+C con 12° de elevación y una frecuencia de muestreo de 5 Hz presentó el mejor desempeño en el seguimiento de la trayectoria circular con un RMSE de 5 mm. Por otro lado, los movimientos verticales fueron detectados con un porcentaje de éxito del 93% (3 cm), 89% (1 cm), 100% (3.5 cm) y 100% (0.5 cm) utilizando la combinación G+E con 12° de elevación y una frecuencia de muestreo de 5 Hz. En conclusión, los receptores GNSS de bajo costo son capaces de seguir trayectorias circulares con una precisión de 5 mm, y detectar movimientos verticales de hasta 5 mm. Adicionalmente, se encontró que cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, mayor es el ruido de en una serie de tiempo medida. En este estudio se demostró el potencial de los receptores GNSS de bajo costo para el Monitoreo de la Salud Estructural.

GEOD-5 CARTEL

MONITOREO DE DEFORMACIONES EN EL PAÍS, CASO DE ESTUDIO: SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2022, MICHOACÁN

Medrano Escobedo Elise Anais y Ramírez Esquivel Rubén

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI

elise.medrano@inegi.org.mx

El instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) es el encargado de establecer y mantener el marco de referencia geodésico de México, regulado por normas oficiales que establecen los órdenes de precisión que deben cumplir las estaciones de las redes geodésicas con respecto al marco de referencia ITRF2008 época 2010. La alta sismicidad en el país provoca que sea difícil mantener una

red geodésica consistente y que cumpla con los estándares de presión, por lo que el Instituto realiza monitoreos periódicos del desplazamiento que experimentan estaciones geodésicas ubicadas en las zonas sur y noroeste del país con la finalidad de desarrollar modelos de deformación debido a desplazamientos causados por sismos de magnitudes mayores a 7 grados. Dichos monitoreos son complementados con técnicas de interferometría SAR. En la región sur, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son los estados con mayor sismicidad en la República Mexicana debido a la interacción entre las placas Norteamérica, Cocos, Pacífico, Rivera y Caribe. El día 19 de septiembre del 2022 el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo con magnitud 7.7 localizado en las cercanías de Coalcomán, en el estado de Michoacán. Como caso de estudio se presentan los desplazamientos obtenidos mediante técnicas de interferometría y mediciones realizadas por estaciones geodésicas para dicha zona.

GEOD-6 CARTEL

ESTUDIO COMPARATIVO DE MODELOS GLOBALES GEOPOTENCIALES DE ALTA RESOLUCION EN MEXICO BAJO EL DATUM VERTICAL NAVD83

Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe, Alcántar Elizondo Norberto, García López Ramón Victorino, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto y Arana Medina Anibal Israel

Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

jesus.monjardinq@uas.edu.mx

Los modelos geopotenciales globales GGM (Global Geopotential Models) son una herramienta importante en muchas disciplinas de las ciencias de la tierra como la geodesia y la geofísica. Estos modelos dan una representación matemática del campo de gravedad terrestre permitiendo evaluar cantidades como la gravedad y el potencial terrestre. Además, al sustraer un campo normal de gravedad (asociado al elipsoide de referencia terrestre) de ellos se obtiene una versión del campo anómalo de gravedad, el cual permite a su vez la evaluación de cantidades como la altura geoidal y la anomalía de gravedad en cualquier punto sobre la superficie terrestre. Para los levantamientos topográficos y cartográficos, la altura geoidal (N) ha cobrado gran relevancia en las últimas tres décadas, ya que al combinarla con la altura elipsoidal (h), la cual puede determinarse en forma precisa y eficiente con sistemas globales de navegación satelital GNSS (Global Navigation Satellite Systems), se puede producir geo-referenciamiento vertical preciso y eficiente. Al presente se han generado y publicado cerca de 180 modelos geopotenciales globales los cuales están disponibles en el Centro Internacional de Modelos Globales de la Tierra (ICGEM, por sus siglas en inglés). Estos modelos varían en resolución y precisión, siendo los de más alta resolución los de 9-10 km correspondiente a una expansión en esféricos armónicos de 2190. De acuerdo a INEGI, las precisiones para México de los modelos de alta resolución se encuentran en el rango de 17-20 cm siendo sustentadas por 4898 estaciones geodésicas mantenidas por el mismo INEGI. Sin embargo, al realizar la comparación con 10040 estaciones las precisiones andan en el rango de 22-25 cm. Alrededor del treinta por ciento de estas estaciones se encontraban referidas al datum vertical NAVD29, teniendo que ser transformadas al más reciente datum oficial NAVD83. Las alturas geoidales de este último resultaron ser como 1.2 m mayores que el primero en la zona noroeste del país con tendencia de valores de 50 cm menor en la zona sureste. En el presente estudio se analizaron 5 modelos de alta resolución en conjunto con el modelo Geoidal Gravimétrico Mexicano (GGM10). A los modelos GGM se les aplicó la corrección por masas topográficas las cuales son la principal fuente del error por omisión o por limitada resolución. Esta corrección se encontró en el rango de 2-5 cm con valores máximos en la sierra madre occidental. Con respecto al modelo GGM10, sus alturas geoidales se compararon con las correspondientes de los bancos de nivel/GNSS, las diferencias obtenidas tuvieron una desviación estándar de 30 cm la cual representa una precisión menor a la publicada de 20-25 cm.

GEOD-7 CARTEL

ANALISIS DE DEFORMACIÓN EN LA CORTEZA TERRESTRE PARA SITIOS GPS EN MÉXICO

Padilla Velazco Jorge¹, Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe¹, Bennett Richard A.² y Vázquez-Becerra G. Esteban¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

²The University of Arizona

jorpavelazco@hotmail.com

Se realizó un estudio de investigación utilizando datos de estaciones Continuas del Sistema de Posicionamiento Global (CGPS, por sus siglas en inglés) en todo México para comprender la deformación cortical resultante de las interacciones entre las placas tectónicas de América del Norte, Pacífico, Cocos, Caribe y Rivera. Se evaluaron un total de 95 sitios de redes CGPS en funcionamiento en México, donde se usaron receptores GPS de doble frecuencia que recopilaron datos de manera continua durante el periodo de 1995 a 2019, para proporcionar una vista sinóptica del campo de velocidad de la corteza terrestre en México. Los sitios GPS ubicados en el territorio mexicano se procesaron junto con 20 sitios fuera de México (placas del Pacífico y América del Norte) para evaluar la deformación cortical en el contexto del movimiento relativo de las placas. Se observa que el movimiento de los sitios es coherente con el desplazamiento de las placas tectónicas. Aquellos sitios ubicados en las áreas más alejadas de la zona de influencia del límite convergente entre las placas de América del Norte y Cocos sitios fueron los sitios que obtuvieron las velocidades residuales más bajas, la raíz media cuadrática (RMS)

más baja de las series de tiempo y las sigmas más bajas (# 1-3 mm). Además, los sitios ubicados en el límite transformante entre las placas de América del Norte y Pacífico experimentaron vectores de velocidades grandes pero con RMS y sigmas bajos. Los valores más altos de RMS lo obtuvieron sitios ubicados en la zona de influencia del límite convergente (# 1.5-3 mm), son consistentes con la proximidad de estos sitios a la zona de convergencia donde ocurre el deslizamiento lento, lo que produce historiales de desplazamiento que no están bien descritos por una pendiente constante. En general, las estaciones CGPS en el norte de México, lejos de los límites tectónicos ubicados en la placa de América del Norte, que se consideró la placa de referencia principal, muestran movimientos coherentes con el movimiento de la placa de América del Norte, con velocidades residuales de 0.11 mm/año a 1.66 mm/año. Además, se analizaron las velocidades y residuales de varios bloques dentro de la región de la Placa de América del Norte utilizando la herramienta de modelado TDEFNODE. El estudio incorpora velocidades GPS observadas para investigar las rotaciones de bloques, deformaciones internas, profundidad de bloqueo y fenómenos transitorios. El análisis se centra en el Bloque Anza, Bloque Peninsular Ranges, Bloque Borderlands, Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, Bloque de Jalisco, Bloque de Michoacán, Bloque de Guerrero y Bloque Maya. Los resultados proporcionan información sobre el movimiento relativo y las tasas de deslizamiento entre estos bloques, arrojando luz sobre los procesos tectónicos en la región de la Placa de América del Norte.

GEOD-8 CARTEL

EMPLEO DE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS MASAS TOPOGRÁFICAS LOCALES A LA SEÑAL GEOIDAL Y SUPERFICIES CORRECTORAS PARA MEJORAR LA RESOLUCIÓN DE UN MODELO GEOPOTENCIAL

Alcántar Elizondo Norberto, Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe, García López Ramón Victorino, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto y Arana Medina Anibal Israel

Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

noralel@uas.edu.mx

El uso generalizado de los sistemas globales de navegación satelital (GNSS, por sus siglas en inglés) conlleva una problemática en la determinación de la altura ortométrica (H), ya que estos sistemas consideran alturas referidas al elipsoide (h), mientras que las alturas requeridas en aplicaciones científicas y de ingeniería son las alturas ortométricas (H) las cuales están referidas al geode. Se tienen soluciones muy precisas para estar en posibilidades de convertir las alturas elipsoidales y geoidales, por medio de la determinación de la ondulación del geode (N) que involucran la combinación de mediciones de gravedad, mediciones GNSS y nivelación geométrica, el inconveniente es el tiempo que se requiere para la generación de estas mediciones sobre todo las nivelaciones geométricas. Existe una solución más eficiente, que involucra la utilización de Modelos Geopotencial Globales (GGM, por sus siglas en inglés) de alta resolución (Por ejemplo EGM2008, SGG-UGM-2, GECO, EIGEN-6C4), el inconveniente es la limitada resolución espacial y baja precisión de estos modelos (aproximadamente 10 km); esto provoca que el efecto gravitacional que tienen las masas topográficas locales que se encuentran dentro del rango de 10 km, no están consideradas en los modelos, esto es conocido como error por omisión. Dicho error puede llegar a ser de más de 10 cm en zonas con topografía regular y hasta 1 m. en zonas montañosas. Estos errores por omisión se pueden reducir incorporando las frecuencias altas de la señal geoidal producidas por la topografía en el dominio espacial, generando una corrección de alturas. Para esto se utilizan los Modelo Residual de Terreno (RTM), con los cuales contabilizan el efecto de las masas topográficas en el geode, una vez que se tiene el GGM con la corrección en los errores de comisión, se emplean valores de ondulaciones geoidales independientes obtenidos de un conjunto de estaciones de nivelación/GNSS y se genera una superficie correctora a partir de las diferencias de ondulación del geode asociado en las estaciones a través de un modelo de regresión polinomial, la cual además del error de comisión GGM, también absorbe los errores de nivelación/GNSS, así como las inconsistencias del datum vertical y los errores sistemáticos de los datos. Resultados preliminares realizados con el GGM EGM2008 en cinco áreas urbanas de México que cuentan con una red geodésica de GNSS/puntos de nivelación mostraron diferencias con valores RMSE en el rango de 8-60 cm y desviaciones estándar de 8-5 cm en cuatro de las redes y 17 cm en una de ellas. Referente a la contribución de las masas topográficas se obtuvieron desviaciones estándar en el rango de 1-24 mm. Con respecto a las estimaciones de la superficie del corrector, resultaron ser bastante suaves. El modelo de regresión polinomial de segundo orden funcionó ligeramente mejor que el de primer orden con diferencias de hasta 1 cm. El modelo produjo residuos de corrección de geode con desviación estándar en un área de prueba de 14 cm, mientras que para las otras fue de aproximadamente 4-7 cm.

Sesión regular

GEOHIDROLOGÍA

Organizadores

Janete Morán Ramírez
José Alfredo Ramos Leal

GEOH-1

MODELACIÓN DE LOS CAMBIOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN UN ACUÍFERO DEL NORESTE DE MÉXICO MEDIANTE EL USO DE PERCEPCIÓN REMOTA

Arciniega Esparza Saúl, Hernández Espriú Antonio y Salinas Calleros Gabriel
Facultad de Ingeniería, UNAM
zaul_ae@hotmail.com

El noreste de México se caracteriza por presentar condiciones semiáridas a áridas, en donde la disponibilidad de agua superficial es limitada, por lo que el agua subterránea suele representar la principal fuente de agua para el ecosistema y para la mayoría de las actividades humanas. Sin embargo, evaluar las variaciones del almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos ubicados en estas regiones representa un reto debido principalmente a la falta de información hidrológica e hidrogeológica actualizada. En este trabajo, se desarrolló un modelo hidrológico conceptual para modelar los principales procesos hidrológicos (incluyendo las variaciones del almacenamiento de agua subterránea) en el conglomerado Sabinas-Reynosa que conforma un acuífero somero dentro del acuífero administrativo Allende – Piedras Negras, en el estado de Coahuila. Este modelo fue alimentado con precipitación del producto global CHIRPS y temperatura del producto Daymet. El modelo se calibró contra los datos mensuales de anomalías de almacenamiento terrestre de agua derivadas de la misión GRACE y datos de evapotranspiración del producto global GLDAS 2.2. Los resultados indican que el modelo conceptual es capaz de reproducir las anomalías de almacenamiento terrestre obtenidas de GRACE para el periodo 2003 al 2022, además de que las anomalías de almacenamiento subterráneo simuladas presentan buena correlación (>0.7) con las variaciones del nivel estático medidos en pozos dentro del acuífero. Los resultados también sugieren que el acuífero es susceptible a las variaciones meteorológicas, siendo la recarga vertical anual mayor al 15% de la precipitación anual, y en donde las sequías de la última década han disminuido el almacenamiento de agua subterránea, con las mayores afectaciones observadas en el periodo 2011 al 2014, y del 2020 al presente. Con este trabajo se comprueba que la señal de la misión GRACE se puede modelar en acuíferos someros para obtener la componente del almacenamiento de agua subterránea y monitorear su variación en el tiempo.

GEOH-2

DELIMITACIÓN DE ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN UNA CUENCA SEMI-ÁRIDA A TRAVÉS DE PERCEPCIÓN REMOTA, SIG Y PROCESOS DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

Uc Castillo José Luis¹, Martínez Cruz Diego Armando², Ramos Leal José Alfredo¹, Tuxpan Vargas José¹, Rodríguez Tapia Silvia Alicia³ y Marín Celestino Ana Elizabeth¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV

³Universidad de la Sierra Juárez, Instituto de Estudios Ambientales
jose.uc@ipicyt.edu.mx

La presencia de agua subterránea en las regiones semi-áridas es variable en el espacio y el tiempo debido a los patrones climáticos, las características del terreno y las propiedades de los acuíferos. Por lo tanto, la delimitación precisa de las Zonas Potenciales de Agua Subterránea (GWPZ) es esencial para la gestión sostenible de los recursos hídricos en estos entornos. La presente investigación tuvo como objetivo delimitar y evaluar GWPZ's en una cuenca semi-árida de San Luis Potosí (SLP), México, a través de la integración de Percepción Remota, Sistema de Información Geográfica (GIS) y Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Se generaron siete capas temáticas (geología, densidad de lineamientos, uso del suelo/coertura del suelo, índice topográfico de humedad (TWI), lluvia, densidad de drenaje y pendiente) en formato ráster. Después del procedimiento AHP y la asignación de rangos, las capas temáticas se integraron utilizando la calculadora ráster para obtener el mapa de GWPZ. Los resultados indicaron que el 68.21% del área se clasifica como potencial bajo, mientras que el 26.30% se clasifica como potencial moderado. La validación se realizó evaluando los datos del tiempo de residencia del agua de 15 pozos distribuidos en el área de estudio. Además, se obtuvo la curva de Características Operativas del Receptor (ROC), indicando una precisión satisfactoria (AUC = 0.677). Este estudio proporcionará información valiosa para los

tomadores de decisiones en la conservación y gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos.

GEOH-3

CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES

Juárez López Karla Rocío y Saucedo Muñoz Miguel Ángel
Instituto del Agua del Estado
geofisicakr23@gmail.com

Actualmente, a nivel mundial el tema sobre el recurso hídrico tiene varias vertientes, siendo una incógnita de gran importancia el conocimiento sobre la estimación cualitativa y cuantitativa del agua subterránea. El siguiente proyecto está basado en metodologías ya implementadas, principalmente la descrita en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-CONAGUA-2015 que establece las consideraciones y el método básico para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y del subsuelo, para su explotación, uso o aprovechamiento. El principal objetivo es complementar la información actualmente disponible que se tiene en el Estado de Aguascalientes, lo que generará una mejora en la toma de decisiones de los diferentes proyectos que las Dependencias Estatales requieren ejecutar, con el principal objetivo de proporcionar la información necesaria para que cuenten con las bases fundamentales al momento de realizar los análisis necesarios para salvaguardar la seguridad de los habitantes del Estado.

GEOH-4

APLICABILIDAD Y USO DE LA DERIVADA LOGARÍTMICA DEL ABATIMIENTO PARA ANALIZAR PRUEBAS DE BOMBEO DE POBRE CALIDAD

Hernández Espriú Antonio, Arciniega-Esparza Saúl y Salinas-Calleros Gabriel
Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería, UNAM
ahespriu@gmail.com

Las pruebas de bombeo siguen siendo una de las técnicas más comunes para analizar el comportamiento hidráulico de acuíferos y el estado mecánico del pozo de extracción. Recientemente, y a partir de las contribuciones publicadas en la literatura petrolera e hídrica, se ha demostrado las claras ventajas de usar gráficos-diagnóstico basados en la respuesta de la derivada logarítmica del abatimiento ($ds/d\ln(t)$), para interpretar datos más robustos de pruebas de bombeo, con respecto a metodologías convencionales basadas primordialmente en una sobreposición de curvas-tipo. Diversos trabajos han mostrado las ventajas de usar $ds/d\ln(t)$, a partir de datos de alta calidad, derivados de pruebas de bombeo de larga duración, instrumentadas con transductores cerámicos o fibra óptica, a caudal rigurosamente constante y en pozos de observación donde las pérdidas de carga son despreciables. Por el contrario, son muy pocos los trabajos que han evaluado el uso de $ds/d\ln(t)$ en pruebas de bombeo de pobre calidad. El objetivo de este trabajo es analizar la aplicabilidad de los gráficos-diagnóstico basados en la evaluación transitoria de $ds/d\ln(t)$, en pruebas de bombeo de pobre calidad. Para ello, se reanalizaron 20 pruebas de bombeo y recuperación en el acuífero del valle de Celaya, efectuadas en 1999 por una consultoría privada. Estas pruebas son de corta duración, con mediciones manuales, en pozos únicos en ausencia de piezómetros de observación, presumiblemente con daño, pérdidas de carga y considerando caudales pseudoconstantes. Los resultados indican, en general, que los gráficos-diagnóstico permiten identificar y caracterizar efectos adicionales (daños, goteo, dobles porosidades, fronteras, almacenamiento de pozo) de manera más resolutive, que, usando métodos convencionales (aún en pruebas de bombeo de pobre calidad). También, se estimaron parámetros hidráulicos más confiables (T y S), tanto en las etapas de abatimiento como de recuperación. Esto abre la puerta para poder reanalizar pruebas de bombeo antiguas adquiridas con protocolos poco confiables, para extraer nuevos datos no considerados anteriormente, a partir del uso de la derivada logarítmica del abatimiento y gráficos-diagnóstico.

GEOH-5

MODELADO DE LA GEOMETRÍA DEL BASAMENTO GRANODIORÍTICO DEL ACUÍFERO SAN FELIPE-PUNTA ESTRELLA CON BASE EN LA INTERPRETACIÓN DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS

Ramírez Hernández Jorge¹, Martín-Loeches Miguel², Carreón-Díazconti Concepción¹, Reyes-López Jaime¹, Rodríguez-Burgueño Eliana¹ y Salas-Contreras Pedro¹

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Universidad de Alcalá

jorger@uabc.edu.mx

El acuífero San Felipe-Punta Estrella (SF-PE) ubicado en la vertiente oriental de la sierra San Pedro Mártir (SPM) es el principal recurso hídrico de la ciudad de San Felipe. En él se ubica una batería de pozos localizados a lo largo del dos escurrimiento, el arroyo Las Amarillas que drena la sierra San Felipe y que transcurre hacia el Este hasta descargar en el Golfo; el arroyo Huatamote que drena los escurrimientos del flanco Este de la sierra SPM cruza la sierra Santa Rosa y cruzando el relleno sedimentario del acuífero descarga en el Golfo. Ambos escurrimientos están asociados a la recarga del acuífero detrítico libre cuyo flujo regional es en dirección al Este. En este trabajo se interpretan mediciones de gravedad realizadas en trabajos previos complementados con 63 estaciones gravimétricas, encontrando que la geometría granodiorítica de la base del acuífero muestra altos estructurales que condiciona las direcciones de flujo de agua, produciendo flujos ascendentes, mezclas y reduciendo el volumen almacenado. Esta interpretación, se asocia a la secuencia estratigráfica del acuífero obtenida de mediciones de resistividad en trabajos anteriores. La elevación del basamento reduce el tamaño del relleno sedimentario que aloja el recurso hídrico y por consiguiente la disponibilidad del agua estimada en estudios anteriores. Tectónicamente es posible asociar este alto estructural del basamento granodiorítico, cubierto por sedimentos detríticos del Holoceno, alineado con el levantamiento Punta Estrella y es paralelo a la sierra Santa Rosa con una orientación NE-SW que puede esa asociado por sus dimensiones y ubicación con el modelo tectónico regional de extensión, donde localmente, la falla Las Amarillas se muestra como una falla listérica. Estos elementos estructurales, de calidad de agua y de recarga, permiten evaluar con mayor certidumbre la disponibilidad de agua y establecer políticas de explotación más sustentables así como complementar el modelo tectónico regional.

GEOH-6

MODELADO INVERSO 3D DE DATOS GEOELÉCTRICOS DE C.D. ACOPLADOS POR EL CAMPO DE PRESIÓN HIDRÁULICA

Salas Ariza Jessica Jazmin y Gallardo Luis A.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

jsalas@cicese.edu.mx

Uno de los objetivos más comunes en la hidrogeofísica para la detección y monitoreo del agua subterránea es la determinación del nivel freático. Sorprendentemente, a pesar de lo común de este objetivo, la mayoría de los desarrollos en modelado conjunto geofísico y geohidrológico no contemplan el caso de los medios variablemente saturados necesarios para definir el nivel freático. Ya que el fenómeno de flujo de corriente eléctrica es sensible al contenido de fluidos. En este trabajo reconocemos que el nivel freático está determinado por una superficie equipotencial de presión y con ello proponemos un esquema de modelado geoelectrico acoplado por curvas de saturación generadas a partir del campo de presión estimado a partir de datos geohidrológicos. Este análisis se realizó en dos escenarios sintéticos variablemente saturados: i) en un acuífero libre en un medio homogéneo y ii) en un medio heterogéneo. Los resultados muestran que los datos hidráulicos aumentan la capacidad de recuperar la conductividad eléctrica del suelo y que la identificación se puede mejorar si se realizan mediciones en diferentes épocas de tiempo.

GEOH-7

VULNERABILIDAD EN ACUÍFEROS VULCANO-SEDIMENTARIOS, CASO DE ESTUDIO: VALLE DE PUEBLA

Rubio Ana Beatriz, Ramos Leal José Alfredo, Almanza Tovar Oscar Guadalupe y Morán Ramírez Janete

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY

ana.rubio@ipicyt.edu.mx

La vulnerabilidad de las aguas subterráneas consiste en evaluar la sensibilidad de un acuífero bajo una carga contaminante, esto juega un papel importante en la práctica de la gestión sostenible de las aguas subterráneas. En regiones áridas, como lo es la zona del Valle de Puebla (VP), el desarrollo de zonas agrícolas y el uso excesivo de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, han provocado contaminación del agua subterránea. Por tanto, la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación se evalúa empleando el modelo DRASTIC y QGIS, en este SIG se extraen y mapean los siete mapas temáticos empleados en DRASTIC, utilizando interpolación Kriging y calculadora ráster. Los diferentes parámetros del modelo fueron recolectados de varias fuentes de información y a cada parámetro DRASTIC se le asignó un peso y una calificación en función de un rango de información dentro

del parámetro. El modelo DRASTIC del acuífero VP fue validado por conductividad eléctrica y concentración de nitratos, donde los resultados preliminares catalogan al mapa de vulnerabilidad en tres zonas de riesgo de contaminación: alto, moderado y bajo. La mayor parte del Valle está bajo el riesgo de contaminación moderada – alta asociada con las formaciones acuíferas poco profundas y permeables. En general, el enfoque DRASTIC fortalece el monitoreo de los recursos de agua subterránea en el VP para garantizar su sostenibilidad y protegerlo de la contaminación.

GEOH-8

IDENTIFICACIÓN ISOTÓPICA E HIDROGEOQUÍMICA DE PROCESOS DE ALTERACIÓN MINERAL EN ACUÍFEROS UBICADOS EN UNA CUENCA VOLCANOSEDIMENTARIA DEL CENTRO DE MÉXICO

Morales Arredondo José Iván¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Flores Ocampo Itzamna Zaknite², Landa Arreguin Jorge Federico³, Pérez Martínez Isabel² y Pérez Quezadas Juan⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Cátedras CONAHCYT, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Geología, UNAM

ivanma@geofisica.unam.mx

Se realizó una evaluación hidrogeoquímica e isotópica en pozos de agua localizados en los municipios de Irapuato (Ira), Salamanca (Sal), Villagrán (Vill) y Juventino Rosas (JR) para cuantificar y determinar la participación del CO₂ en la alteración mineral durante la interacción agua-roca. Se infirió el rango de participación de la oxidación de sulfuros, o del ácido carbónico en la meteorización de carbonatos y silicatos (a través de la neutralización), esta participación tiene un impacto en los valores de #13CDIC. Los resultados muestran que el ion HCO₃⁻ domina en los diferentes tipos de agua, y que este ion refleja la participación de CO₂ en la alteración de silicatos de rocas volcánicas y disolución de carbonatos, aunque también pudiera ocurrir una participación del H₂SO₄. Ambos ácidos tienen un origen relacionado con un sistema hidrotermal volcánico en contacto con rocas carbonatadas. El análisis isotópico sugiere que de las diferentes fuentes de C, en la mayoría de las muestras el CO₂ procede de la desgasificación del medio carbonatado. Los resultados isotópicos e hidrogeoquímicos obtenidos sugieren que el acuífero se encuentra cerca de un sistema epitermal de baja sulfuración, precursor de las alteraciones minerales y procesos de metasomatismo que han transformado los carbonatos en hornfels calcosilicatados y arcillas como caolinita, esmectita (clorita) y zeolitas en toda la región.

GEOH-10

CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS E HIDROGEOQUÍMICAS DE LOS ACUÍFEROS EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Ramos-Leal José Alfredo, Morán-Ramírez Janete y Torres-Gaytan David Ernesto

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY

jalfredo@ipicyt.edu.mx

Debido a características físicas, socio-económicas y culturales, el Estado de San Luis Potosí es dividido en 4 regiones. Cada región, tiene características geológicas, climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas particulares, condicionan la dinámica del agua subterránea y su calidad. Por ello, los diferentes sistemas de flujo no están presentes en todas las regiones y la calidad del agua subterránea varía para cada región. Como resultado de esta complejidad la abundancia del recurso hídrico es diferente en cada zona. En el caso de estudio, esta se encuentra en el Altiplano Potosino al noroeste del Estado de San Luis Potosí, dentro del Municipio de Catorce. Esta zona se caracteriza por tener elevaciones van de 1,400 a 2000 m, presentar condiciones climáticas extremas. En esta región, los valles tienen un origen tectónico, formado por sistemas de pliegues (anticlinales y sinclinales) con orientación N-S. La región se encuentra sumamente plegada y afectada por fallas regionales. La exploración geofísica, indica que la base está constituida por calizas con resistividades eléctricas de >1173 #m, que se asocian con calizas poco fracturadas por lo que el potencial acuífero disminuye. En la parte superior de los rellenos del valle se identificó una capa con resistividades de 200-1000 #m, la cual corresponde a una capa de conglomerados secos que se distribuye en todo el valle. De acuerdo al diagrama de Piper, para el caso del agua subterránea del acuífero del Cedral es principalmente Clorurada Sódica en tanto que en Sierra de Catorce el agua es principalmente Bicarbonatada Sódica.

GEOH-11

GESTIÓN INTEGRAL PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN ZONAS INTERMONTANAS DEL ESTADO DE GUERRERO - ESTUDIO DE CASO

Reyes Rodríguez Sergio Manuel¹, Ramírez Guzmán Alejandro Hermelindo¹ y Cortés Silva Alejandra²

¹Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, UAGro

²Instituto de Geofísica, UNAM

sergioreyesrm02@gmail.com

Uno de los retos más importantes en cualquier administración municipal y/o comunitaria, es proveer a la población de agua potable y su manejo sustentable. Debido a que en zonas intermontanas, el abastecimiento del recurso depende directamente del ciclo hidrológico local, es evidente que, en el estiaje, las afectaciones pueden generar serios conflictos. Adicionalmente, la demanda del agua aumenta a medida que la población crece, por lo que la sobreexplotación y mal manejo de las fuentes de abastecimiento presentan un deterioro que en algunos casos puede ser irreversible. En el Estado de Guerrero la época de estiaje se presenta en los meses de diciembre a mayo y es cuando se presentan los problemas de secas. En pequeñas comunidades rurales los habitantes se han unido, buscando alternativas de abastecimiento por sus propios medios, consultando expertos en recursos hídricos de la UAGro y la UNAM. Un ejemplo es la comunidad de Huixtác, Municipio de Taxco, localizada en una zona montañosa definida por dos formaciones geológicas de origen sedimentario; Morelos y Mezcala, compuestas por calizas e importantes rasgos de areniscas y lutitas, en donde se localizaron manantiales alojados en fallas inversas, de donde se extrae agua desde el año de 1998. El suministro de agua después de 25 años de aprovechamiento es insuficiente y ante este escenario se requiere implementar esquemas de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) debido a que factores como: el cambio climático que influye en afectaciones al ciclo hidrológico local, la contaminación de agua superficial y subterránea, a través de fugas e insuficiente red de drenaje y el mal manejo, han generando que la calidad y disponibilidad del recurso sea cada vez más limitada.

GEOH-12

SUSTENTABILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN UN BOSQUE TROPICAL SECO ASOCIADO A UN MEDIO GEOLÓGICO FRACTURADO

Orozco Uribe Landy Carolina¹, Ortega-Guerrero Marcos Adrián², Maass Manuel¹ y Paz Horacio¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

geophis@gmail.com

Los bosques tropicales secos son ecosistemas fuertemente adaptados a la estacionalidad. Alizando las bases de un modelo conceptual desarrollado con anterioridad, realizamos un balance hidrológico diario (2019-2020) integrando la fenología en un bosque tropical seco que se desarrolla sobre granito fracturado y suelos delgados de textura arenosa, en tres microcuencas sujetas a conservación al sur del estado de Jalisco, México. Utilizamos la instrumentación climatológica y de escurrimiento ya existente y colocamos nuevos instrumentos para la medición de la interceptación y humedad en el suelo. Se registraron 80 eventos de precipitación de distinta magnitud los que sumaron 1,179 mm. El estadio fenológico de la vegetación y la acumulación de la hojarasca tuvieron una fuerte influencia en la interceptación, con una variación del 0-100% y un promedio de 8.92%. La infiltración fue del 85-98% de las lluvias principales. La descarga de agua subterránea representó hasta el 70% del volumen de percolación y el restante 30% correspondió a flujo y almacenamiento temporal en la zona de recarga. Estos procesos contribuyen a la sobrevivencia de la vegetación hacia el siguiente año hidrológico. El análisis diario de los datos permite destacar la importancia del medio fracturado y su saturación temporal, aspectos que no habían sido evaluados y que aportan información relevante para la gestión y sostenibilidad hidrológica en esta región.

GEOH-13

ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LA CIRCULARIDAD DEL AGUA EN MEGACIUDADES: CASO CIUDAD DE MÉXICO

Huerta Vergara Alma Rosa¹, Escolero Fuentes Óscar Arnoldo², Arciniega Esparza Saúl¹, Hernández Espriú Antonio¹ y Salinas Calleros Gabriel¹

¹Especialización en Agua Subterránea, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

alma212136@hotmail.com

La rápida urbanización y el crecimiento urbano principalmente en las grandes ciudades, ha generado mayor presión y demanda en los recursos hídricos. Esta situación se agrava con el impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico, acentuando problemas como las sequías, inundaciones, contaminación de los recursos hídricos y la explotación intensiva de los acuíferos. Se espera que para el 2050 la mitad de la población mundial estará en riesgo de estrés hídrico, por lo que el manejo y buen aprovechamiento del agua de los ecosistemas urbanos, incluyendo las aguas residuales, el agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, y las aguas superficiales resulte importante y elemental para satisfacer las necesidades de la población. En este sentido se expone la evolución

de la situación actual del abastecimiento y consumo de agua de la Ciudad de México considerando cinco indicadores para el periodo 2005-2022: 1) volumen de agua total de abastecimiento, 2) consumo de agua, 3) volumen de agua no contabilizada, 4) volumen de agua residual, y 5) volumen de agua tratada para su reúso. Se presentan las consecuencias de extraer, usar y desechar fuera de la cuenca las aguas residuales y pluviales sin intención de recuperarlas, con el objetivo de analizar los beneficios y desafíos sociales y ambientales de la circularidad del consumo de agua doméstico. La transición hacia un enfoque de Economía Circular (EC) se presenta como una medida de adaptación ante el estrés hídrico presente y futuro que enfrentan las grandes urbes. Este enfoque reducirá la cantidad de recursos utilizados fomentando su reutilización y recirculación en todas las etapas de su ciclo y, produciendo menor cantidad de residuos, disminuyendo las presiones sobre el medio ambiente y mejorando el suministro de servicios, siempre considerando el tratamiento de las aguas residuales y pluviales de manera cíclica y la expulsión de aguas fuera de la cuenca como última opción.

GEOH-14

ZONACIÓN DE LAS ESPECIES DE HUMEDALES COMO RESPUESTA A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Sánchez Higuera Lorena Elisa¹, Ramos Leal José Alfredo¹, Morán Ramírez Janete¹ y Moreno-Casasola Barceló Patricia²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Instituto de Ecología, A.C.

lorenaelisa@gmail.com

Los humedales son ecosistemas con características tanto de los sistemas acuáticos como terrestres. Sin embargo, a diferencia de la vegetación terrestre, los humedales no se ven como un paisaje homogéneo de especies sino más bien, cada especie forma un parche muy bien delimitado, lo que genera un paisaje irregular. Ecológicamente se ha determinado que la zonación, es decir, el dónde se encuentre cada especie dependerá del nivel de inundación relativa, así como de la salinidad presente en la columna de agua. Sin embargo, esta no es una generalidad que pueda aplicarse en todos los casos, ni siquiera con la misma especie. Se determinó la relación entre la composición química del agua subterránea y la zonación de especies de humedales. Para ello, cuatro humedales herbáceos fueron monitoreados. Tres transectos de 100 m de longitud fueron colocados en cada uno de los cuatro humedales. En la vegetación se determinó la diversidad y composición vegetal con el monitoreo de seis cuadros de 1 m² colocados a lo largo de cada transecto. El agua subterránea se monitoreó tomando muestras a nivel de rizósfera (0.15 m, con ayuda de una varilla perforada) y en un nido de piezómetros a 2, 4 y 6 m de profundidad. Se analizaron in situ parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, ORP y STD), así como alcalinidad. Aniones y cationes mayoritarios se analizaron en laboratorio. Los resultados muestran que los cuatro humedales son diferentes considerando sus especies. El sitio más diverso fue el potrero inundable (60 especies) y la composición química del agua subterránea corresponde a flujos locales o de reciente infiltración. El sitio con menor diversidad de especies fue el de Thalia (12 especies) y cuya agua subterránea corresponde a flujos intermedios/regionales. Los sitios Cladium-Typha-Cyperus y el sitio Typha-Cladium, son sitios con especies muy similares (composición vegetal) pero el flujo subterráneo es local y regional respectivamente. La mayor riqueza de especies en el potrero inundable se relaciona con la menor concentración de iones por lo que sólo dependen del nivel de inundación al que se encuentran sometidas. Thalia geniculata es la especie dominante en el sitio Thalia la restricción para otras especies de poder tolerar SO₄²⁻ y Cl⁻. En el caso de la especie Cladium jamaicense, esta domina cuando se encuentra en sitios con agua con una composición similar al agua de lluvia mientras que, Typha domingensis puede dominar en el otro sitio por su gran tolerancia a la facie NaCl. La composición química del agua subterránea es la condición geobiogeoquímica restrictiva que define el tipo de humedal que se puede establecerse, lo que explica la distribución de parches de la vegetación de los humedales.

GEOH-15

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN SUELO-PLANTAS EN AMBIENTES SALINOS

Loyola-Martínez Erika, Morán-Ramírez Janete y Ramos-Leal José Alfredo

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

erika.loyola@ipicyt.edu.mx

La salinidad de suelos y agua subterránea se encuentra presente en zonas áridas o desérticas influyendo en la pérdida de nutrientes provocando disminución y modificación de la vegetación. El caso de estudio se encuentra en el municipio de Tierra Nueva. El origen de la salinidad puede ser de origen natural y antropogénica. Desde el punto de vista geológico la zona de estudio se ubica en El Campo Volcánico Santa María, en San Luis Potosí; constituido principalmente por rocas ígneas, donde el proceso predominante es por interacción agua-roca. El presente trabajo se aplican diferentes técnicas de análisis, como lo son imágenes satelitales, fluorescencia de rayos X (XRF), isótopos ambientales, petrografía y métodos geofísicos. Se concluye que la salinidad o sodicidad es observable en la zona de estudio en pastizales (hojas, tallos) una capa blanquecina indicativo de evaporación y capilaridad, fenómenos que conllevan a un incremento de Na.

GEOH-16

REVISIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL ACUITARDO SUPERIOR DE ARCILLAS Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA ACUÍFERO DE LA PORCIÓN SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO

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

Al sur de la Cuenca de México se localizan los acuíferos administrativos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (AZMCM), de Texcoco y Chalco-Amecameca; debido a la conexión hidráulica que existe entre ellos, se le ha asignado a este conjunto de acuíferos el nombre de Sistema Acuífero de la parte Sur de la Cuenca de México (SAPSURCM). El AZMCM es la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México y su área conurbada, para ello, según la Comisión Nacional del Agua, se extraen por bombeo 623.8 Mm³ anualmente, lo que ha generado el abatimiento del nivel freático y con ello el hundimiento del terreno en una parte importante de la zona metropolitana de la Ciudad de México, esto último asociado a la compactación del acuitardo (conformado por una capa de materiales arcillosos de alta plasticidad), que sobreyace al actual acuífero en explotación. En este trabajo de investigación se realiza una evaluación del comportamiento del acuitardo superior de arcillas (ACSA) y su interacción con la unidad permeable mediante la revisión de su interacción mediante el modelo conceptual propuesto y métodos geoestadísticos. Como parte del modelo conceptual se evaluó el aporte de agua de los depósitos arcillosos dentro del balance hidrogeológico. La magnitud de esta componente del balance se determinó mediante análisis InSAR. Para obtener el desplazamiento vertical (y posteriormente el volumen de agua cedido por el ACSA) usando InSAR, un total de 4 imágenes banda-L ALOS PALSAR esparcidas en el periodo 2007-2010 y adquiridas durante paso ascendente fueron utilizadas. En el periodo 2015-2019 se utilizaron 6 imágenes del satélite Sentinel-1 adquiridas durante paso descendente. Resultados preliminares muestran que en el periodo 2007-2010 el estimado de volumen cedido es de 144 Mm³ mientras que en el periodo 2015-2019 es de 253.5 Mm³. Por otra parte, se procesó mediante técnicas geoestadísticas una base de datos correspondiente a una red de monitoreo multipiezométrico, cuyas mediciones datan desde 1968 y actualizadas hasta el 2021. Debido a la distribución espacial de la carga hidráulica en los multipiezómetros se utilizó un enfoque de análisis geoestadístico en tres dimensiones. Se obtuvieron modelos de estimación de la carga hidráulica cada 5 años, comenzando en 1970 hasta 2020. Los resultados muestran la evolución de la carga hidráulica a través del tiempo y cómo se ha modificado su comportamiento debido a los procesos de extracción intensiva por bombeo en la unidad permeable en explotación. Las herramientas geoestadísticas son útiles en la revisión objetiva de la información disponible en la actualidad del sistema natural y los resultados muestran que la variación del nivel piezométrico ha tenido una evolución, desde que comenzó la extracción intensiva de agua subterránea, que requiere implementar acciones que propicien una gestión sustentable que procure una estabilización del sistema subterráneo.

GEOH-17

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y DETERMINACIÓN DE CALIDAD PARA CONSUMO HUMANO E ÍNDICES DE RIEGO DEL ACUÍFERO DE AJACUBA, HIDALGO, MÉXICO

Castillo Sánchez Rodrigo Ventura, Morán Ramírez Janete, Sánchez Higuieredo
Lorena Elisa, Ramos Leal José Alfredo y Almanza Tovar Oscar Guadalupe
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTYT
rodrigo.castillo@ipicyt.edu.mx

El estrés hídrico en zonas semi áridas ha provocado que, en distintas partes del mundo, se genere un esfuerzo de gestión de los recursos hídricos, donde se opte por el uso de aguas residuales tratadas o no para el riego agrícola. Ello ha impactado en la calidad del agua subterránea de los distintos acuíferos en donde se realiza esta práctica. El presente trabajo busca, a través de la caracterización hidrogeoquímica, la construcción de índices de calidad de agua para consumo humano, la realización de índices de riego y la generación de mapas de vulnerabilidad acuífera, la generación de una metodología o abordaje que pueda servir como una alerta temprana de las posibles consecuencias que podría generarse si no se llevan a cabo acciones que controlen y mitiguen el problema en el acuífero de Ajacuba Hidalgo México. En este estudio, se muestrearon 25 sitios entre pozos privados y municipales, en noviembre del 2021 en los municipios de Ajacuba y Tepetongo. Se colectaron muestras de agua subterránea y se analizaron iones mayores y elementos traza para determinar a partir de diagramas hidrogeoquímicos el tipo y evolución del agua del acuífero. Los resultados hidrogeoquímicos nos muestra que las facies dominantes son de las familias bicarbonatadas cálcicas o magnésicas y bicarbonatadas sódicas. También se determinó que los principales procesos de interacción agua-roca son el intercambio iónico y mezcla además de que los procesos que más influyen son la evaporación y el intercambio iónico. Para determinar la calidad de agua del acuífero para consumo humano, se compararon los resultados de las concentraciones de diferentes elementos con la NOM-127-SSA1-2021. Los resultados nos muestran que los sólidos totales disueltos, alcalinidad, sodio, nitratos y arsénico son parámetros que sobrepasan los niveles permitidos por la norma en algunas muestras. Como

complemento se realizó el Índice de Calidad de Agua (ICA) en la zona de estudio, a fin de determinar áreas con mejor calidad de agua. De este índice se encontró que únicamente el 20% es de excelente calidad y las demás se encuentran entre fuertemente contaminada a levemente contaminada. Por otro lado, para la actividad agrícola que es primordial en el área se generaron los índices de riego. Para este estudio se contó con los índices de adsorción de sodio, relación de adsorción de magnesio, porcentaje de sodio, porcentaje de sodio soluble, salinidad potencial salinidad efectiva y Wilcox a fin de determinar el potencial riesgo a la agricultura de la zona. Los resultados generados muestran un incremento en la zona de sodicidad y salinidad, lo que implica problemas a largo plazo de producción en la zona. Finalmente se realizó una modelación a través del DRASTIC (por sus siglas en inglés). Con ello se determinaron las más vulnerables a ser contaminadas, así correlacionarlo con los aprovechamientos con mejor índice de calidad y se puedan generar acciones de cuidado de estos. Como conclusión, la calidad del agua del acuífero de Ajacuba ha disminuido, posiblemente a causa del retorno de agua de riego.

GEOH-18

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN PUEBLOS ORIGINARIOS EN MÉXICO

Morán-Ramírez Janete¹, Ramos-Leal José Alfredo¹,
López-Álvarez Briseida² y Sánchez-Higuieredo Lorena Elisa¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTYT
²El Colegio de San Luis

janete.moran@ipicyt.edu.mx

Los asentamientos humanos se han dado en lugares en los que se dan condiciones de cultivar la tierra y hay acceso al agua. Hoy en día, los grandes centros urbanos y el cambio climático generan situaciones que han modificado el ciclo hidrológico, de tal manera que se tiene alteración en la cantidad y calidad del agua de la que disponemos. Tradicionalmente los proyectos de ciencia se desarrollaron desconectados de los habitantes de las localidades que poseen los recursos naturales. En los últimos 15 años se han dado cambios en lo que se involucra a la localidad por cuestiones de seguridad y es en los últimos cuatro años se ha dado el cambio de asistir a desarrollar los proyectos no sólo con el conocimiento de las autoridades sino con el acompañamiento de ellos. Ello permite seguridad y garantizar que el trabajo científico permee en la sociedad generando cambios a largo plazo. Así mismo, este tipo de trabajos tiene como objetivo proporcionar herramientas científicas a las comunidades de pueblos originarios, para que estos mismos realicen acciones para la preservación y el cuidado de sus recursos hídricos.

GEOH-19

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ENTORNO DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN

Gómez Cruz Karina, Cortés Martínez Raúl y Alfaro Cuevas Villanueva Ruth
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
1731583g@umich.mx

En este trabajo se realizó un estudio de la calidad del agua analizando un total de 14 sitios en el entorno al lago de Cuitzeo, Michoacán. El estudio constó de dos campañas de colecta (estiaje y precipitación pluvial), las muestras de agua fueron tomadas, preservadas y analizadas siguiendo los procedimientos que indica la normatividad. En cada una de las muestras se analizaron los siguientes parámetros: temperatura, conductividad eléctrica, pH, potencial redox, sólidos disueltos totales, dureza total, alcalinidad total, coliformes fecales, iones mayores y menores (sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, fluoruros, fosfatos, nitrógeno total) y elementos traza (arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, níquel, plomo, zinc). Los análisis señalaron en ciertos sitios concentraciones que superaron los límites máximos permisibles en algunos de los parámetros antes mencionados. De forma especial, las concentraciones de arsénico y fluoruros en todas las muestras tomadas en los manantiales y en uno de los pozos superan los valores de los límites máximos permisibles nacionales, así como la recomendación de la Organización Mundial de la Salud, por lo que la población que utiliza estas aguas, aunque sea de forma recreativa, no deja de estar expuesta a estos elementos, que podrían resultar tóxicos, pues se ha comprobado que éstos además de la vía oral e inhalatoria, se absorben también a través de la piel. En el caso del pozo, sus aguas se consideran no aptas para uso y consumo humano. Se observó con claridad que las zonas más contaminadas son aquellas que se encuentran en la porción este y oeste del Lago (zonas que presentan el mayor termalismo), por lo que se recomienda a los tomadores de decisiones establecer criterios de control para mitigar los posibles problemas de salud relacionados con la ingesta de especies contaminantes contenidas en el agua.

GEOH-20

POTENCIAL VULNERABILIDAD ASOCIADA A LA PRESENCIA DE ARSÉNICO EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL LÍMITE NORESTE DE LA CUENCA XICHÚ-PALOMAS, GUANAJUATO, MÉXICO

Cruz Jiménez Marcos Benjamín¹, Briones Gallardo Roberto², Ramos Arroyo Yann René³, Montes Ávila Isidro⁴ y López Ramírez Jared Abdiel¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto de Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

³Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato

⁴Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

cruzjbenja@gmail.com

Debido al incremento en la contaminación de los recursos hídricos en diversas partes del mundo, la vulnerabilidad del agua superficial y subterránea se ha convertido en un problema de gran trascendencia. Aunque no se ha logrado un consenso sobre el alcance del término vulnerabilidad, en este trabajo se refiere al comportamiento del medio hidrológico y su relación con los efectos y carga del contaminante en cuestión (Auge, 2004). Vrvra y Zaporozec (1994) definen la vulnerabilidad hídrica como “una propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea, que depende de la sensibilidad de este a los impactos humanos y/o naturales”. En este sentido, la presente investigación plantea la vulnerabilidad de los recursos hídricos en el sitio de estudio, debido a la presencia de arsénico, en los diversos sistemas hídricos. El sitio de estudio se encuentra en el Municipio de Xichú, Guanajuato, en la zona de las microcuencas de Xichú-Pinalito de Palomas-Palomas. Las comunidades en la zona de estudio se encuentran alejadas de la infraestructura tradicional para abasto de agua potable, siendo el agua superficial y subterránea, la única fuente de abasto para una población de aproximadamente 4,000 personas. Se realizaron campañas de muestreo, en las que se recolectaron muestras de sedimentos y de agua, de algunos manantiales y afluentes superficiales de la zona. La determinación de la concentración de As en muestras de agua se realizó usando el método de espectrometría de absorción atómica acoplado a horno de grafito (EAA-HG), y en las muestras sólidas se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X. Los resultados preliminares mostraron concentraciones de As de hasta 8 veces por arriba de los valores guía para agua de consumo humano, siendo para arsénico 10 µg/L el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud en agua potable (Escot-Espinoza et al., 2021; WHO, 2017). Así mismo, el análisis de la fracción fina (<0.025 mm) de muestras de sedimentos recolectados en la zona de estudio, revelan concentraciones de As de hasta 14 veces por arriba del límite máximo permisible establecido por la normatividad canadiense aplicable a sedimentos (CEQG, 2003). Por lo anterior, el presente proyecto plantea estudiar los mecanismos implicados en el transporte de EPT e identificar su origen (natural o antropogénico), para proponer medidas de prevención de la contaminación de los cuerpos de agua, estrategias de contención y/o remediación de las posibles fuentes de liberación de estos.

GEOH-21

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR LOS EFECTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN EL ACUÍFERO DE HUAMANTLA, TLAXCALA

García Martínez Jimena y Silva Aguilera Raúl Alberto

Instituto de Geología, UNAM

jimenagmtz@ciencias.unam.mx

El 50 por ciento del territorio tiene climas que van de seco a muy seco, con menos de 600 mm anuales de precipitación, por lo que el abastecimiento de agua depende en promedio en un 70 por ciento del agua subterránea, generando una fuerte presión sobre este recurso hídrico. En años recientes, el contexto de cambio global por el que atraviesa el agua del subsuelo provoca que los niveles piezométricos del agua subterránea descendan y la concentración de contaminantes aumente por encima de la norma. Los contaminantes de este recurso pueden tener dos fuentes, la de origen natural, y la de origen antrópico. Tal es el caso del acuífero de Huamantla, ubicado en el sector suroriental del estado de Tlaxcala en el límite con los estados de Puebla y Veracruz, donde el contexto climático coloca al agua subterránea como la principal fuente de abastecimiento de agua para su población. No obstante, hasta el momento el agua subterránea de este acuífero no ha sido analizada a través de la teoría de los sistemas regionales de flujo, la cual permite aproximarnos a la causa de los cambios en los niveles estáticos y en las concentraciones de contaminantes. Para lograr comprenderlo, en este estudio se desarrolló un modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Huamantla. En 2021 se realizó un muestreo de 18 pozos de agua subterránea distribuidos en el acuífero de Huamantla en los cuales se midió la profundidad del nivel estático, parámetros físico-químicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales) y se tomaron muestras para análisis de aniones y cationes mayoritarios, así como para cuantificación de isótopos estables (18O y 2H). Por otro lado, se recopilaron datos históricos de profundidad de los niveles estáticos y composición química del agua subterránea para evaluar su variación en el tiempo. Así mismo, se consultaron datos de estaciones climatológicas en la zona para estimar tendencias en temperatura del aire, evaporación y precipitación de los últimos 50 años. Los resultados de este estudio proveen un modelo conceptual del comportamiento del agua subterránea, con el cual además de obtener el balance del agua subterránea

del acuífero de Huamantla, se generó la línea base para clasificar el origen de los contaminantes que amenazan la calidad del agua subterránea. Por otro lado, el entendimiento de la evolución histórica del sistema contribuye con información relevante para la toma de decisiones enfocadas a un manejo sostenible del agua subterránea del acuífero.

GEOH-23

REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA DE ABASTECIMIENTO POTABLE EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO JACUARO EN MICHOACÁN, MÉXICO

Alvarado Huitron Karina, Cortés Martínez Raúl y Alfaro Cuevas Ruth

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT, UMSNH

0936234g@umich.mx

El agua es la fuente de vida de todo organismo que habita el planeta, por sus propiedades únicas y su calidad tiene consecuencias directas en la salud humana y se ve afectada por su contaminación en donde aparecen elementos “no deseables” o tóxicos. En este trabajo se evaluó la remoción de Arsénico (As) en agua potable mediante adsorción con zeolita modificada con nanopartículas de hierro en procesos tipo lote. Se trabajó con una zeolita natural de tipo Clinoptilolita proveniente de un yacimiento ubicado en Zimapán, Hidalgo, Estado de México. La zeolita que se utilizó fue acondicionada con Sodio y nanopartículas de Hierro con la finalidad de aumentar la capacidad de sorción para iones metálicos. Al material se le realizaron estudios de microscopía electrónica de barrido. Por otra parte, los análisis de remoción de Arsénico se realizaron mediante cinética de intercambio iónico con experimentación tipo lote en soluciones de Arsenato de Sodio en donde también se valoró el efecto del pH para este proceso, por lo que se hicieron ajustes de pH a las soluciones con Ácido Clorhídrico al 0.01 M e Hidróxido de sodio al 0.01 M. También se realizó la remoción iónica mediante isoterma de sorción y análisis termodinámico. De acuerdo a los resultados se puede decir que el material zeolítico acondicionado con Sodio fue eficiente en la remoción de Arsénico, sin embargo, la modificación con nanopartículas de hierro que se le realizó a la zeolita aumentó su capacidad de remoción ante el elemento tóxico presente en el agua potable.

GEOH-24

UNA DÉCADA DEL REGISTRO FÍSICOQUÍMICO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Cortés Silva Alejandra¹, Hernández Hernández Mario Alberto¹ y Pérez Quezadas Juan²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

cortesilvaa@igeofisica.unam.mx

Dentro de las políticas de desarrollo de la Comisión Estatal de Aguas de Guanajuato (CEAG), se contempla implementar redes de monitoreo en los principales acuíferos del Estado. Uno de estos trabajos se inició en 2007 en la zona acuífera del corredor Pénjamo-Abasolo, que se ha detectado como uno de los acuíferos afectados en su calidad y cantidad producto de la extracción intensiva. La zona se encuentra irrigada por afluentes superficiales utilizados con fines agrícolas como son los Ríos Turbio, Lerma y Guanajuato; así como una serie de cuerpos de agua como presas, bordos y canales de riego, que en conjunto contribuyen a la recarga de los acuíferos. Se propuso realizar una red de monitoreo de la calidad del agua subterránea, ésta se llevó a cabo durante 10 años y se entregaron los datos a la UNAM, para ser analizados e interpretados. Los principales resultados fueron: i) un modelo geohidroológico conceptual del acuífero, ii) la calidad del agua subterránea, iii) la identificación química de familias de agua, iv) el origen de la recarga, v) los procesos de mezcla y vi) las principales estructuras geológicas. A partir de este análisis se identificaron principalmente cinco grupos de agua: uno asociado a la recarga local, clasificada como agua de buena calidad; el segundo grupo se considera también como de buena calidad, con características de mezclas con aguas termales; el tercer grupo se encuentra asociado con el termalismo propio de la región y sus flujos se asocian a fallas regionales; el cuarto y quinto grupo se caracterizan por presentar mezclas con aguas superficiales de los ríos Guanajuato, Turbio y Lerma. Algunos aprovechamientos de este grupo presentan alto contenido de Nitratos.

GEOH-25 CARTEL

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA, HIDROGEOLÓGICA E ISOTÓPICA REALIZADA EN EL MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DE USO HUMANO: RIESGO POR LA PRESENCIA DE ARSÉNICO, NITRATOS Y LA DUREZA EN EL ACUÍFERO

Carreola Silva Aurora Guadalupe¹, Morales Arredondo José Iván², Flores Ocampo Itzamna Zaknite³ y Armienta Hernández María Aurora²

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

auroracarreola@encit.unam.mx

La ciudad de Morelia ubicada en el estado de Michoacán, México ha crecido aceleradamente en las últimas décadas junto con la explotación de agua potable. Alrededor del 50% de las fuentes de abastecimiento de agua en dicha ciudad son subterráneas. Por otro lado, el riesgo de la contaminación de los acuíferos es mayor ya que diariamente se producen desechos que carecen de un manejo adecuado, lo que aumenta la probabilidad de infiltración de aguas residuales, residuos de rastros, agrícolas y ganaderos y desechos sólidos urbanos que llegan a contaminar los mantos freáticos. El objetivo de este trabajo surge como consecuencia de las inquietudes previas, por lo que se realizó un análisis de la calidad de agua usada para consumo humano en la zona. Además, se llevó a cabo un estudio hidrogeológico, hidrogeoquímico e isotópico, con ayuda de programas como Surfer, Strater, QGIS y GWB, para definir la dinámica de flujo del agua subterránea, los procesos hidrogeológicos que ocurren durante la interacción agua-roca y el riesgo que representa la presencia de contaminantes. En este estudio se muestrearon 16 pozos en marzo del 2022 dentro de la ciudad de Morelia. Los resultados más relevantes de este trabajo indican que el agua tiene una alta concentración de HCO₃⁻—Na⁺, esto es debido a que la zona de estudio se encuentra en un entorno aluvial lacustre emplazado en un medio volcánico. Además, se observaron tres pozos que suministran agua potable con niveles superiores a 0.01 (mg/L) de arsénico (As) y un pozo que supera el valor máximo permitido para nitratos (por el doble) según la norma NOM-127-SSA1-2021. Este último presenta un valor de dureza de 119 (mg/L), lo que representa agua moderadamente dura. Los valores obtenidos indican que los pozos con alta cantidad de arsénico y dureza son originados por el entorno hidrogeológico, mientras que la presencia de nitratos en el pozo contaminado es producto de actividades antropogénicas realizadas en la ciudad de Morelia. Este tipo de estudios reflejan la importancia de evaluar conjuntamente la calidad del agua subterránea, el medio hidrogeológico y las actividades antropogénicas, reconociendo el sistema de flujo de agua subterránea como un medio dinámico que es susceptible a los cambios que produce el ser humano.

GEOH-26 CARTEL

DELIMITACIÓN DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EN EL ACUÍFERO DE ZIMAPÁN PARA FINES AMBIENTALES EMPLEANDO MÉTODOS POTENCIALES

Espinoza Juárez Tania Karen y Morales Arredondo José Iván

UNAM

tania.juarez206@gmail.com

El acuífero de Zimapán se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del Tolimán abarcando los estados de Hidalgo y una pequeña porción de Querétaro. Esta zona se caracteriza por la presencia de diversos yacimientos minerales en donde abundan sulfuros metálicos como pirita, arsenopirita, oropimente, entre otros. Adicionalmente, en la región se ha reportado un problema de contaminación por la elevada presencia de arsénico (As) en el agua subterránea. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es poder localizar aquellas formaciones geológicas que pueden estar relacionadas con la presencia de As en el agua subterránea, así como las formaciones estructurales que sirven como un conducto de transporte de dichos solutos. En algunas regiones de Zimapán existen complejas estructuras geológicas relacionadas con cuerpos intrusivos tales como diques y apófisis que generan un intrincado entorno geológico, lo cual provoca una complicada caracterización geomorfológica; esta situación ha propiciado que no se tenga una caracterización de algunos puntos de interés que resultan cruciales para la entera comprensión de la dinámica del acuífero. Es por esto que con ayuda de métodos potenciales, se realizó una caracterización regional para observar e inferir estructuras a profundidad que con otros métodos no es posible identificar; la información usada fue obtenida de la carta Aeromagnética Pachuca F14 – 11 del Servicio Geológico Mexicano (1996) y del INEGI (2010) para los datos gravimétricos. Esto facilitó la identificación de lineamientos que en conjunto con la interpretación geológica se pudo delimitar estructuras importantes tales como fallas principales con orientación NW- SE que predominan en la zona y que según ciertos autores funcionan como conductos de migración del agua enriquecida en As. Finalmente se construyó el mapa conceptual del acuífero de Zimapán con base en análisis integral de las susceptibilidades magnéticas, las anomalías gravimétricas y las estructuras geológicas que predominan en la zona para llegar a una correlación con las unidades hidrogeológicas previamente caracterizadas.

GEOH-27 CARTEL

SUPRAM – SISTEMA UNIFICADO DE DATOS DE PERCEPCIÓN REMOTA PARA ACUÍFEROS DE MÉXICO

Celso Crescencio Maria Isabel, Arciniega Esparza Saúl, Salinas Calleros Gabriel y Hernández Espriú Antonio

Facultad de Ingeniería, UNAM

isabel.ccelso@gmail.com

La falta de información climatológica, hidrológica e hidrogeológica, es un factor limitante en la mayoría de los estudios relacionados con las evaluaciones ambientales y análisis de recursos hídricos. Sin embargo, en las últimas décadas ha aumentado el número de misiones satelitales que proveen información de la mayoría de las componentes del ciclo hidrológico, del estado y evolución de la vegetación y uso de suelo, incluso de cambios en los almacenamientos de agua (como lagos y acuíferos). A pesar de cada vez es más sencillo acceder a este tipo de información satelital, el análisis y procesamiento de esta suele requerir de habilidades técnicas avanzadas, principalmente en programación. Para simplificar este acceso y análisis a la información, en este trabajo presentamos la plataforma SUPRAM, una aplicación web que provee de datos de percepción remota satelital de distintas misiones satelitales y productos de datos globales (p.e. CHIRPS, MSWEP, MODIS, ERA5, GLEAM, GRACE, entre otros) para los 653 acuíferos administrativos de México. SUPRAM contiene más de 10 variables hidroclimáticas e hidrogeológicas (precipitación, temperaturas, evapotranspiración, transpiración, humedad de suelo, anomalías de almacenamiento terrestre, índices de vegetación, uso de suelo, entre otros) a escalas temporales diaria, mensual y anual, con la que se puede caracterizar el comportamiento hidrológico de un acuífero. La plataforma SUPRAM es de libre acceso y está disponible desde el link: <https://rs-app-hydrogeologygroup.streamlit.app/>

GEOH-28 CARTEL

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA, HIDROGEOLÓGICA E ISOTÓPICA DEL ACUÍFERO UBICADO EN LA ZONA DE ZIMAPÁN, HIDALGO PARA DETERMINAR LOS PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS QUE IMPACTAN EN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Mosso Mendoza Evelyn Abigail¹, Morales Arredondo José Iván², Flores Ocampo Itzamna Zaknite³, Armienta Hernández María Aurora² y Hernández Hernández Mario Alberto⁴

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, ENCI

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Catedrático, CONAHyT, Instituto de Geofísica, UNAM

evelynmosso@gmail.com

En el municipio de Zimapán; Hidalgo, desde el año de 1992 se evidenció la mala calidad de agua subterránea debido a altas concentraciones de arsénico (y en algunos casos de fluoruro). Dicho compuesto fue cuantificado en las muestras de agua potable de la zona, las cuales fueron analizadas durante una campaña emprendida para conocer el avance del cólera en el país. Posterior a su descubrimiento, se han realizado múltiples estudios sobre la calidad del agua que abastece a la comunidad, no obstante, hay pocos estudios de la incidencia el entorno geológico en sus propiedades hidrogeoquímicas. Adicionalmente, investigaciones previas han identificado que el arsénico (y en algunos casos fluoruro), presente en agua potable, representa un riesgo a la salud pública. Pese a que se siguen realizando estudios en la zona, aún quedan algunas inquietudes hidrogeológicas por resolver. Por ello, se realizó un muestreo en ocho pozos y un manantial en la zona de estudio entre los días 13 y 14 del mes de abril del año 2023, con el objetivo de identificar los procesos hidrogeoquímicos relacionados con las características químicas del agua, mediante evaluaciones hidrogeoquímicas tradicionales y novedosas. Asimismo, se realizó una interpretación que considera los sistemas de flujo y se actualizó la información correspondiente a la calidad del agua de la zona, con base en los nuevos valores máximos permitidos según la NOM-127-SSA1-2021. Los resultados más relevantes de este trabajo son las familias hidrogeoquímicas que están dominadas por agua cálcica bicarbonatada (agua poco evolucionada, de reciente infiltración) y en algunos casos se presenta un incremento en características sódicas cloruradas (agua más evolucionada con tendencia a agua ligeramente salina), lo que nos indica una evolución hidrogeoquímica e hidrogeológica. Es importante considerar que a pesar de que el medio geológico es predominantemente carbonatado, los eventos eruptivos del terciario (andesítico, riolítico) tienen una implicación en el tipo de agua. Del muestreo total, cinco de los pozos junto con el manantial presentaron concentraciones que sobrepasan los límites permisibles para arsénico, en el caso de fluoruro, únicamente el manantial fue el que tuvo concentraciones cercanas a lo permisible según con la NOM-127-SSA1-2021.

GEOH-29 CARTEL

FRACCIONAMIENTO DE ARSÉNICO (As) EN ROCA CALIZA UTILIZADA COMO MATERIAL FILTRANTE PARA LA REMOCIÓN DE ESTE METALOIDE PRESENTE EN SOLUCIONES ACUOSAS

Neri Hernández Omar¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Sosa Islas Antonio Salvador², Aguayo Ríos Alejandra¹ y Cruz Ronquillo Olivia¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

²Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra
omarneri@igeofisica.unam.mx

El presente trabajo expone los resultados del procedimiento de extracción secuencial aplicado a roca caliza empleada para la remoción de arsénico (As) del agua. En el municipio de Zimapan, Hidalgo, las aguas subterráneas llegan a alcanzar valores que superan hasta 120 veces el límite permisible para agua potable de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2021. Debido a sus propiedades químicas y mineralógicas, la roca caliza perteneciente a la Formación Soyatal del Cretácico Superior, ha sido evaluada como tratamiento de origen natural dando resultados prometedores. Mediante el uso de ocho columnas de percolación empacadas con roca caliza se trataron soluciones con 1.2 mg/L de arsénico y en coexistencia con uno de los siguientes iones: fluoruro (F⁻) a 2.6 y 5.2 mg/L; cloruro (Cl⁻) a 10 y 100 mg/L; sulfato (SO₄²⁻) a 80 y 240 mg/L; y bicarbonato (HCO₃⁻) a 30 y 300 mg/L, durante 18 semanas. Los lixiviados tuvieron concentraciones de As por debajo del límite permisible establecido por la norma oficial mexicana excepto para la de mayor concentración de bicarbonato. Para predecir la labilidad del As ante los posibles factores ambientales a los que podrían estar sometidos los residuos sólidos al ser dispuestos en el ambiente aplicamos un procedimiento de extracción secuencial, que permite distinguir las proporciones en las fracciones (1) fácilmente intercambiable, (2) fuertemente unido formando complejos de esfera interna, (3) ligado a carbonatos, (4) ligado a oxihidróxidos de Mn, (5) unido a oxihidróxidos de Fe y Al amorfos, (6) unido a sulfuros y a materia orgánica y (7) residual. Para realizar este fraccionamiento geoquímico, se utilizó 1 g de muestra sólida de la parte superior de cada columna de percolación, que se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL a los que se agregaron secuencialmente 25 mL de los reactivos de extracción específicos para cada fase (excepto la fracción 6, cuyo volumen final fue de 23 mL). La obtención de la Fase 7 se llevó a cabo por medio de una digestión ácida en un horno de microondas CEM MARSXpress. Las concentraciones de arsénico se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros y sistema FIAS y mediante espectrometría de emisión óptica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) con un equipo - Thermo Scientific iCAP 7000 Series. Los resultados de la extracción secuencial indican que el As se encuentra formando principalmente complejos superficiales de esfera interna. La biodisponibilidad y el transporte del As se ven limitados por el proceso de quimisorción. Este fraccionamiento, que indica la estabilidad de las especies químicas formadas, permite proponer la aplicación generalizada del material geológico como medio filtrante y establecer una disposición de los residuos sólidos de manera responsable. Esta interpretación también ha sido respaldada por análisis mediante espectroscopía de absorción de rayos X (XAS), lo cual es consistente con los resultados presentados en este trabajo. Se agradece el apoyo de la DGAPA (Proyecto PAPIIT IN106121) para la realización de estos estudios y al CONAHCYT por el financiamiento del ICP-OES.

GEOH-30 CARTEL

INFLUENCIA DE LA MATRIZ ACUOSA EN LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y FLUORURO

Solórzano Ramos Diego Ernesto¹, Armienta Hernández María Aurora², Aguayo Ríos Alejandra² y Cruz Ronquillo Olivia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias

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

Debido a la presencia de arsénico y fluoruro en concentraciones superiores a la norma para agua potable en pozos de distribución pública en los municipios de Santa Cruz de Juventino Rosas y Villagrán en Guanajuato, y de Zimapan en el estado de Hidalgo y dándole continuidad a estudios anteriores que mostraron la eficacia de la remoción de los contaminantes usando roca caliza Ki (formación del Cretácico inferior proveniente de Guanajuato) y Kss (formación del Cretácico superior Soyatal proveniente de Hidalgo), el presente trabajo se dividió en tres etapas. En la primera etapa se buscó conocer la influencia de los iones que compiten en la remoción de arsénico y fluoruro (bicarbonatos y sulfatos) mediante pruebas batch, usando la roca Kss, y dos muestras de agua de manantiales del volcán Popocatepetl, con diferencias significativas en las concentraciones de esos iones, se determinó mayor capacidad de remoción de arsénico a menor concentración de iones competentes, mientras que no existió evidencia de tal interferencia en la remoción de fluoruro. En la segunda etapa se estudió la capacidad de remoción de las rocas calizas Ki y Kss para arsénico y fluoruro en seis aplicaciones subsecuentes, para muestras de agua de los pozos de los municipios de Guanajuato e Hidalgo, nuevamente usando pruebas batch. Para arsénico, se determinó que hay una alta eficiencia en la remoción en altas concentraciones para el primer lavado, con una tendencia a disminuir conforme aumentan las aplicaciones, mientras que a bajas concentraciones la remoción es poco efectiva desde la primera aplicación. Para fluoruro, únicamente la primera aplicación resulta efectiva en la remoción, ya que a

partir de la segunda, la roca empieza a perder eficacia, con tendencia a aportarlo a la matriz acuosa por arriba de la concentración inicial. El análisis de arsénico se realizó con un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer. AAnalyst 200 acoplado a un sistema FIAS 100, el análisis de fluoruro se realizó con un potenciómetro Thermo Scientific Orion 5 Star acoplado a un electrodo selectivo. Por último, en la tercera etapa, se identificó la formación a la cual pertenecen las rocas calizas usadas en los experimentos mediante el uso de Qgis y cartografía con información geológica descargada del Servicio Geológico Mexicano (SGM); y con Google Earth y el Continuo Nacional de Geología en formato "kml" también descargada del SGM, para compararla con la formación reportada por los recolectores. Para la roca Ki se encontró que toda la información indica que el punto de recolección pertenece al Cretácico inferior, sin embargo, la cartografía del SGM fue la única que especificaba que pertenece a la Formación Esperanza. Para la roca Kss se dirimió el conflicto entre dos recolectores, ya que uno identifica la formación como parte del Cretácico inferior Tamaulipas y otro como parte del Cretácico superior Soyatal; se ingresaron las coordenadas en la cartografía descargada del SGM y en el archivo "kml" de Google Earth, y se concluyó que los puntos de recolección corresponden a la formación Soyatal. Se agradece el apoyo del programa PAPIIT IN106121.

GEOH-31 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN UN ACUÍFERO COSTERO-SEMIÁRIDO MEDIANTE ISÓTOPOS ESTABLES Y IONES PRINCIPALES PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LA AGRICULTURA INTENSIVA

Jurado Méndez Marina¹, Méndez-Barroso Luis Arturo¹, Yépez González Enrico¹, Robles-Morúa Agustín¹ y Mora Palomino Lucy²

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Instituto de Geología, LANGEM, UNAM

marina.jurado@potros.itson.edu.mx

El recurso hídrico subterráneo representa la principal fuente de suministro en zonas áridas y semiáridas. El acuífero costero semiárido Fuerte-Mayo (AFM) es uno de los más vulnerables a la pérdida en calidad y cantidad del agua subterránea debido a varios factores entre los que se encuentran: Desconocimiento de los mecanismos de recarga, falta de monitoreo del recurso y las intensivas actividades agropecuarias que se desarrollan en la región. El objetivo del presente estudio es determinar la composición hidrogequímica e isotópica (#2H y #18O) del agua subterránea del AFM para determinar tanto los mecanismos de recarga como los factores ambientales y/o antropogénicos que controlan su composición. Se tomaron muestras de agua subterránea en 46 pozos ubicados en AFM previo al Monzón de Norteamérica (MN) durante los años de 2022 y 2023. Adicionalmente, se tomaron 4 muestras compuestas de precipitación durante la temporada del MN de 2022. La composición isotópica de #2H y #18O se estimó mediante un equipo Picarro-CDRS (L2130-i). La concentración de los cationes sodio (Na) y potasio (K) se determinó por fotometría monocanal de llama digital (Cole-Parmer 02655-00) mientras que magnesio (Mg) por espectroscopia de absorción atómica; calcio (Ca), cloro (Cl), carbonatos (CaCO₃) y nitratos (NO₃-N) se determinaron con un autoanalizador de flujo segmentado (SEAL AA3) y sulfatos (SO₄) fotometría UV visible. Los resultados preliminares demuestran que la mayor parte del AFM se recarga localmente, sin embargo, hay zonas que infieren procesos de mineralización e infiltración de agua meteórica de cuerpos de agua superficiales después de un proceso de evaporación en la zona vadosa. De acuerdo a los análisis de iones se encontró que el flujo de agua subterránea tiene una fuerte interacción con la formaciones litológicas del sitio, salvo en las zonas cercanas a la costa donde se vislumbra la presencia de intrusión salina. Finalmente, se encontró que las prácticas agrícolas ejercen un alto impacto en la presencia de nitratos en el agua subterránea. Los resultados de este trabajo pueden ser útiles para que los administradores y usuarios locales mejoren la gestión y manejo del recurso hídrico asegurando su sustentabilidad.

GEOH-32 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS EN EL ACUÍFERO COSTERO EL CARRIZAL, BAJA CALIFORNIA SUR

Carciumaru Dana y Ortega Roberto

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
carciumaru@cicese.mx

El objetivo de este trabajo está enfocado en estructural el marco físico de referencia actual y desarrollar el modelo conceptual hidrogeológico del acuífero que permitan determinar las condiciones geohidrológicas para incrementar el abastecimiento a la ciudad de La Paz, BCS desde el acuífero El Carrizal, Baja California Sur. El estudio está enfocado en la parte del acuífero cercano al arroyo Las Gallinas: la cercanía con la infraestructura existente del acueducto El Carrizal – La Paz, la existencia de un sistema de fallas que controlan la dirección y velocidad del flujo de agua subterránea y pueden actuar como barreras o conductos para el flujo de agua subterránea en un acuífero y la distribución de los pozos productivos en esta zona del arroyo. Para el desarrollo del modelo conceptual en una primera etapa se correlacionaron los datos geofísicos de resistividad eléctrica y datos magnetotéluricos de audio frecuencia; se revisó la columna litológica y los expedientes de los pozos que se perforaron recientemente. Se analizaron los datos del censo de pozos que

nos daban una idea del promedio de facies arenosas-arcillosas, sobre todo, los pozos que se pudieron constatar como buenos productores, los cuales siempre se atribuyeron a espesores de arenas permeables. La siguiente etapa es pasar a unidades geohidrológicas. Es importante que las unidades sean suficientes para representar la región, pero no se recomienda un gran número de unidades que aumente la complejidad. Se tomó la decisión de definir cuatro unidades, Arenas, Arcillas Límite, Arenas confinadas, Vulcanitas y Arcillas. El acuífero El Carrizal es heterogéneo, con grandes cambios laterales, sobre todo en la parte del fondo del acuífero que limita con sedimentos piroclásticos arcillosos del Mioceno que generan grandes contrastes en las características tridimensionales del acuífero. Se pudieron identificar dos acuíferos, pero a diferencia de lo que se pensaba, los acuíferos se encuentran separados regionalmente, es decir, no se encuentran como acuíferos confinados. Los cambios piezométricos se deben a contrastes en el basamento. El modelo conceptual está apegado a las mediciones de campo y es necesario realizar los cálculos numéricos necesarios para la calibración final

GEOH-33 CARTEL

ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO ALREDEDOR DEL CAMPO GEOTÉRMICO CERRO PRIETO PARA DEFINIR FUENTES Y PROCESOS

Silva Montaña Ana Paula Amcír¹, Morales Arredondo José Iván², Armienta Hernández María Aurora³ y Flores Ocampo Itzamna Zaknité³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

asilva@ciencias.unam.mx

En el Estado de Baja California, al noroeste de México, existe un severo problema de desabasto de agua potable, el cual ha incrementado drásticamente en los últimos años dadas las temporadas extremas de sequía. Esto genera una afectación a nivel regional, principalmente en los distintos suministros de agua, por ejemplo, al Río Colorado (el cual suministra más del 75% del recurso hídrico a la región). Por ello, es que el uso de agua subterránea toma una mayor relevancia para llevar a cabo las distintas actividades humana y así abastecer sus necesidades hídricas, dando como consecuencia una extracción intensiva en todo el acuífero. Aunado a este problema, se han realizado estudios sobre la calidad del agua subterránea (usada para consumo humano, agricultura y geotermia), los cuales reportan únicamente las concentraciones hidroquímicas de los elementos de interés, dejando de lado estudios hidrogeoquímicos que puedan definir fuentes y procesos que se puedan estar dando en la región. Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo es definir los procesos hidrogeoquímicos relacionados con la calidad de agua subterránea con el propósito de identificar posibles fuentes de los elementos y compuestos químicos presentes, incluyendo valores que superan las normas ambientales en México. Para cumplir con lo planteado, se realizó un estudio hidrogeoquímico para la caracterización de aguas alrededor del campo geotérmico de Cerro Prieto (usada principalmente para actividades agrícolas y energéticas en la región), muestreando pozos geotérmicos, agrícolas, canales, laguna y piezómetros; para identificar la calidad de agua. Los datos corresponden a un muestreo realizado en el mes de agosto de 2016, comisionado por contrato con la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Los resultados más relevantes indican que hay presencia de niveles elevados de Cd y Pb, así como alta salinidad y STD (STD>1000ppm) en la planta geotérmica, además de registro de alta salinidad y presencia de otros elementos en los pozos agrícolas. Se exploran dos causas principales para los valores obtenidos fuera de los límites normados: procesos naturales y actividades antropogénicas relacionadas al campo geotérmico y zona agrícola. Según la evaluación realizada existe evidencia de que la alta salinidad y presencia de ciertos elementos en el agua alrededor de la planta podría tener origen natural en algunos sitios donde la geología lo permite.

GEOH-34 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA E HIDROGEOQUÍMICA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MANANTIALES DE LOS AZUFRES, MICHOACÁN

Pardo Higareda Atziri, Alfaro Cuevas Villanueva Ruth y Gómez Vasconcelos Martha Gabriela

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT

1430881a@umich.mx

El campo geotérmico Los Azufres se ubica en Michoacán, en la porción central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, y es parte del Campo Volcánico Los Azufres, el cual se caracteriza por su vulcanismo silíceo del Pleistoceno. En este campo geotérmico se realizaron estudios hidrogeoquímicos en múltiples manantiales con el fin de comprender el origen, distribución y comportamiento de los elementos presentes en el agua subterránea, además de un análisis detallado de su composición química mediante espectroscopía de emisión atómica. Adicionalmente, se determinó el tipo de facies hidrogeoquímicas mediante el análisis de las relaciones entre iones mediante diagramas hidrogeoquímicos, así como interpolaciones realizadas mediante sistemas de información geográfica. Se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios y elementos traza, comparándolos con los límites establecidos por la NOM-127-SSA1-2021 para determinar su calidad e identificar posibles factores que pudieran comprometer la salud de las comunidades por el consumo de agua, encontrado niveles elevados de arsénico y aluminio dentro de los sitios muestreados. Este trabajo pretende contribuir

a determinar la localización de los sitios que contengan valores más elevados de estos elementos y su relación con la actividad humana, relevante para evitar una mayor afectación en la población de las comunidades en el municipio de Ciudad Hidalgo.

GEOH-35 CARTEL

EL SUMINISTRO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Garrica Ibarra Lucía Guadalupe y Maciel Flores Roberto

Universidad de Guadalajara, UDG

luciagarrica558@gmail.com

La ciudad de Guadalajara se localiza en la parte central del estado de Jalisco, comparte conurbación con los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, los cuales conforman la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). En los últimos años, la ZMG ha presentado un acelerado crecimiento horizontal y ahora vertical, lo cual ha ocasionado un aumento en la demanda de agua e incremento de suelo impermeable, lo que ha provocado disminución de la recarga natural de los acuíferos y su sobreexplotación. El Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), es el organismo operador encargado de suministrar los servicios de agua potable y alcantarillado a los más de 4 millones de habitantes en la ZMG, llevando a cabo la operación, mantenimiento y administración de las fuentes de abastecimiento de agua tanto superficial como subterránea. Los volúmenes suministrados provienen de diferentes fuentes: Chapala 64%, Presa Elías González Chávez 11%, manantiales 1% y de agua subterránea 24%. Los principales acuíferos para el abastecimiento de agua subterránea en la ZMG son Atemajac y Toluquilla, los cuales, de acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua se encuentran sobreexplotados; esto debido a que es mayor el volumen de extracción que de recarga. Es de relevancia señalar que de estos dos acuíferos SIAPA extrae agua subterránea a través de una extensa red de 197 pozos. De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), con fecha de corte al 30 de junio del año en curso, se tienen registrados 2,211 títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para la extracción de agua subterránea en los cuatro municipios de la ZMG, de los cuales 292 están en Guadalajara, 548 en Tlaquepaque, 124 en Tonalá y 1,247 en Zapopan. El presente trabajo se enfoca principalmente en el abastecimiento de agua subterránea administrado por SIAPA en la ZMG, el cual complementa los caudales del lago de Chapala y de la presa Elías González Chávez.

GEOH-36 CARTEL

ESTUDIO DE LA HIDROGEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN

Gómez Cruz Karina, Alfaro Cuevas Villanueva Ruth y Cortés Martínez Raúl

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

1731583g@umich.mx

En este trabajo se llevó a cabo un estudio hidrogeoquímico en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, considerando 14 sitios de interés en el entorno del lago. El estudio constó de dos campañas de colecta (estiaje y precipitación pluvial). Las muestras de agua fueron tomadas, preservadas y analizadas siguiendo el procedimiento de la normatividad nacional. Se observó la presencia de tres facies hidrogeoquímicas: sódica-bicarbonatada, sódica-clorurada y magnésica-bicarbonatada, lo cual indica la presencia de más de un acuífero. A través de los índices hidrogeoquímicos e índices de saturación, se encontró que la liberación de iones y elementos traza responde a diversos procesos entre los que destacan la meteorización de las rocas regionales de composición ácida (riolitas) y básica (basaltos y andesitas), la disolución mineral (de silicatos, carbonatos, sulfatos, haluros) y el intercambio iónico directo e inverso. Otros procesos hidrogeoquímicos que se encontraron asociados con la liberación de elementos traza son las condiciones alcalinas y oxidantes que favorecen los procesos de desorción, las zonas de flujo ascendente que llevan consigo aguas termominerales con elevadas concentraciones de elementos traza que se van integrando al sistema acuífero. Con base en los cálculos de los índices hidrogeoquímicos, se concluye que los procesos de evaporación e interacción agua-roca que implican meteorización y disolución mineral, son los principales procesos responsables de la liberación de aniones y cationes en el agua subterránea estudiada. El intercambio iónico directo e inverso, también es partícipe en la liberación de iones. Los valores positivos de los coeficientes de correlación, reflejan que pueden existir otros factores como la temperatura y el pH que intervienen en la liberación de especies tales como arsénico y fluoruros al agua subterránea.

GEOH-37 CARTEL

EL IMPACTO DEL PARQUE FOTOVOLTAICO "YUCATÁN SOLAR" EN LA HIDROGEOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE CUNCUNUL Y ALEDAÑOS

Islas Villamar Fernando Jesús

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

fernandoislas@encit.unam.mx

El impacto ambiental que puede generar la planta fotovoltaica Yucatán Solar en los procesos de recarga hídrica dentro de la red de flujo puede repercutir en zonas agrícolas locales, principalmente en el municipio de Cuncunul, Yucatán, las cuales

dependen del tipo de suelo (leptosoles) y el agua disponible. La geología de la península de Yucatán es dominada por caliza, lo que genera procesos kársticos, favorecido por su precipitación anual promedio de 811mm con temperaturas promedio superiores a los 25°C, dominado por un relieve llano, evitando la presencia de ríos superficiales. La metodología consiste en las propiedades y características cuali-cuantitativas de la zona y el contexto en el que se desarrolla el caso de estudio, empleando Sistemas de Información Geográfica como principal herramienta, se generó una correlación de los datos obtenidos con la intención de generar un modelo causa-efecto sobre los grados de impacto y consecuencias posibles. Los resultados preliminares permiten conocer cómo empieza el impacto donde sea que una planta fotovoltaica debe plantarse. Esto es importante conocerlo ya que el mantenimiento de las celdas solares es delicado, además que en el suelo ocurren procesos fisicoquímicos que salinizan y secan al suelo, y con ello su cubierta vegetal. Por tanto, al remover la cubierta vegetal se acelera y potencia la erosión de la caliza, debilitando la estructura de la roca o se impide el paso de agua, provocando que sean más factibles los escenarios planteados, respectivamente. Para concluir, todo esto nos demuestra que, si bien las energías renovables son la vista al futuro energético de la humanidad, si su planificación es negligente, el daño comparado a los combustibles fósiles puede ser aún peor, repercutiendo en los ecosistemas. Ya sea a corto a largo plazo.

Sesión regular

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Organizador
Javier Arellano Gil

GP-1

FACTORES QUE CONTROLAN LA POROSIDAD DE LA FM. WILCOX EN UNA PORCIÓN DEL CINTURÓN PLEGADO PERDIDO

Martínez Osorio José Gregorio, De Anda García Miguel Alejandro y Del Valle Reyes Aarón
Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
jmosorio@imp.mx

Uno de los objetivos recurrentes de la exploración petrolera es la evaluación del potencial del yacimiento de hidrocarburos para su posterior producción y comercialización. Por lo tanto, es esencial determinar el modelo sedimentario y llevar a cabo los estudios de calidad de la roca que conducen a aumentar el éxito de las inversiones y operaciones que se ejecutarán en un área determinada. Se planteó desarrollar estudios para la caracterización de la Formación Wilcox, en el área del Cinturón Plegado Perdido en la porción de aguas profundas del Golfo de México, considerando el análisis de origen y distribución de sedimentos, y la evaluación de la calidad del yacimiento. Para tal fin se establecieron tres etapas de trabajo: 1. Descripción detallada de núcleos de pozos basada en el análisis de facies de muestras del subsuelo. 2. Descripción petrográfica de secciones delgadas (LD) de pozos y análisis de diagénesis en secuencias de la Formación Wilcox en el Área Perdida. 3. Análisis del medio poroso y sus factores de control en la evaluación del yacimiento. Se analizaron y describieron láminas delgadas de catorce núcleos de pozos que cortaron a la Formación Wilcox en ambientes de aguas profundas. Para definir los factores que controlan la porosidad, se generaron diversos análisis a cada núcleo correspondientes a Análisis granulométrico (tamaño promedio del grano, grado de selección "sorting" y diámetro promedio), Análisis Composicional usando el método de conteo de puntos, Análisis de Porosidad (valor porcentual por conteo de puntos y por análisis de imágenes usando Image J®), Análisis Diagenético (petrográficamente se identificaron los procesos diagenéticos observados resaltando su importancia en la creación y/o destrucción de la porosidad), Análisis de Proveniencia donde se ocuparon los criterios establecidos por Dickinson & Suczek (1979) y Dickinson (1985) y se identificaron tres fuentes: ígnea Intrusiva, Volcánica y Sedimentaria. El último punto corresponde al Análisis de Microfacies, donde se observa todo un abanico de variaciones texturales y composicionales de las mismas. Se identificaron 8 microfacies diferentes para la Fm. Wilcox. La microfacies arenosa y la microfacies limosa, tienen cantidades similares de porosidad, un hecho que sugiere que el tamaño del grano no tiene un impacto excesivo en el porcentaje de porosidad, sino que se ve afectado por otros factores. Las microfacies más arcillosas disminuyen drásticamente su porcentaje de porosidad y solo en pocos núcleos se observó con porosidad remanente. La arcilla es un factor importante en la porosidad de las rocas. En todas las microfacies hay una disminución de la porosidad con la profundidad, hecho que confirma el fuerte efecto de la compactación sobre la porosidad. De lo aquí escrito se concluye que los 2 factores que controlan la porosidad en el área de estudio son la arcilla y la compactación.

GP-2

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y ORIENTACIÓN DE FRACTURAS EN MUESTRAS DE CANAL PROVENIENTES DE POZOS PETROLEROS

De Anda García Miguel Alejandro, Martínez Osorio José Gregorio y Del Valle Reyes Aarón
Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
mdeanda@imp.mx

Los yacimientos carbonatados naturalmente fracturados (YCNF) son los mayores productores de hidrocarburos en el país; generalmente tienen poca porosidad, pero buena permeabilidad asociada a fracturas. Por esta razón, es de vital importancia su correcta caracterización. No obstante, los datos duros disponibles provienen del análisis de núcleos (mismos que son orientados) y registros de imágenes. La interpretación de registros geofísicos convencionales y de algunos atributos sísmicos proveen datos indirectos adicionales para su estudio. Las muestras de canal también pueden aportar datos duros al análisis de fracturas; pero no suelen utilizarse, ya que representan cortes aleatorios de la formación y se desconoce la orientación de las estructuras observadas en las mismas. Muchos pozos carecen de núcleos y de registros de imágenes y si los tienen, suelen representar espesores pequeños del yacimiento. A consecuencia, en muchas ocasiones la única fuente de datos duros se limita a las muestras de canal, con la ventaja que representa que éstas muestrean el espesor neto del yacimiento. En este trabajo,

se plantea una metodología de análisis y orientación de fracturas en muestras de canal con la finalidad de afinar los modelos estáticos de fracturas en YCNF. La metodología planteada, fue aplicada en pozos petroleros de varios campos localizados en la porción continental del Pilar Reforma Akal en territorio de Tabasco, con resultados favorables en el modelado estático de yacimientos fracturados y la generación de redes discretas de fracturas (DFN). La metodología consiste en el análisis petrográfico de láminas delgadas de muestras de canal desde el punto de vista de la diagénesis estructural (Laubach, et al., 2010), donde se evalúan diversos parámetros: 1) Abundancia relativa del fracturamiento 2) Análisis e identificación de sistemas y familias de fracturas, 3) Análisis diagenético y microestructural, 4) Determinación de paleoesfuerzos y etapas de deformación del campo y 5) Parametrización de atributos de fracturas. 6) Integración multiescala y multidisciplinaria. Las características petrográficas, diagenéticas y cinemáticas del fracturamiento permiten identificar sistemas y familias de fracturas. La observación de las relaciones angulares entre ellas y con otras estructuras primarias y deformacionales (estratificación, "gashes" de tensión, estilolitas, etc.); así como su cinemática, hace posible armar un patrón de fracturamiento hipotético; el cual, posteriormente se asocia a las etapas de deformación identificadas y cuya orientación es ajustada con los datos de paleoesfuerzos obtenidos. Finalmente, se identifican familias de fracturas conductivas y se parametrizan sus atributos (orientación, longitud, apertura, intensidad y densidad) con un enfoque fractal, para aquellos que lo permitan. Los datos obtenidos se integran a los provenientes de otras escalas de muestreo, con la finalidad de obtener datos cuantitativos multiescales que permitan el modelado estático de fracturas mediante la construcción de una DFN. Esta a su vez, se calibra con el modelo geocelular, el cual puede incluir información del modelo sedimentario, de la interpretación de registros geofísicos convencionales y cubos de atributos sísmicos que coadyuvan en la identificación de zonas fracturadas, permitiendo modelos de fracturas consistentes y bien fundamentados.

GP-3

SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL DESPLAZAMIENTO ACEITE-AGUA A ESCALA DE PORO EN PRESENCIA DE SURFACTANTES: APLICACIÓN EN MICROGRAFÍAS SEM

Briones-Carrillo Jorge Alberto, Aguilar-Madera Carlos Gilberto, Matías-Pérez Víctor, Flores-Cano José Valente, Molina-Espinoza Lázaro y Soto-Villalovoz Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
jorge.brionescr@uanl.edu.mx

En este trabajo se propone una metodología para la simulación numérica de movilidad de los fluidos aceite y agua en redes porosas obtenidas a partir de micrografías digitales (SEM) de rocas análogas del paleocanal de Chicontepec. La simulación numérica de la permeabilidad relativa a escala de poro en fases aceite/agua en presencia de diferentes concentraciones de salmuera y surfactantes como bromuro hexadeciltrimetilamonio (CTAB) catiónico y dodecilsulfato sódico (SDS) aniónico, es un proceso que utiliza modelos matemáticos que combinan con el tiempo y el espacio mediante Ecuaciones Diferenciales que expresan el cambio en más de una dirección para expresar el proceso físico a nivel de poro. Se utilizan modelos matemáticos y algoritmos para simular la forma en que los fluidos (aceite, agua y salmuera) fluyen a través de las cavidades porosas de la roca como probablemente sucede en un yacimiento petrolero, en presencia de surfactantes. El objetivo de esta investigación es entender como los surfactantes afectan la movilidad de los fluidos a través de poros y gargantas de poro y como esto puede ser optimizado para mejorar la producción de petróleo. Esta investigación es útil para explicar estos fenómenos que a escala de poro han sido poco estudiados

Sesión regular

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Organizador
Dante Morán Zenteno

GET-1

ACTIVE TECTONICS IN THE GULF OF TEHUANTEPEC: EVIDENCE OF SUBMARINE LANDSLIDES AND SUBDUCTION EROSION

Aguilar Diego Armando¹, Mortera Carlos², Bandy William³,
Berndt Christian³, Ponce Francisco⁴, Real Jorge² y Pérez Daniel²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel

⁴Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

diegoaaa@igefisica.unam.mx

El sismo intraplaca ocurrido en el Golfo de Tehuantepec el 7 de septiembre del 2017 despertó la curiosidad geocientífica debido a su naturaleza, profundidad, la generación de un tsunami y la ocurrencia de miles de réplicas. Sin embargo, esta zona del sur de México ha sido poco estudiada, por lo que entre mayo y junio del 2019 fue realizada la expedición oceanográfica TEHUANTEPEC-19 a bordo del B/O El Puma, donde se obtuvieron datos batimétricos, magnéticos y perfiles sísmicos de alta resolución. Además, fueron re-analizados algunos perfiles sísmicos multicanal de campañas oceanográficas previas, en las instalaciones del LUCO-UNAM y GEOMAR-Kiel. Los resultados muestran diversos procesos sedimentológicos en la región, pero de particular interés, rasgos morfológicos asociados con la ocurrencia de deslizamientos submarinos. Otras características geológicas como la subsidencia y extensión del forearc, la gran cantidad de fallas normales y la subducción de la Dorsal de Tehuantepec sugieren que en el sur de México domina el proceso de erosión por subducción. Este proceso tectónico podría estar relacionado con la deformación de la plataforma continental y la gran actividad sísmica de la región.

GET-2

TRUDISP 2.0 UNA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO VERDADERO (NETO) EN FALLAS

Nieto-Samaniego Ángel Francisco¹, Nieto Fuentes
Ricardo², Xu Shunshan³ y Alaniz Álvarez Susana Alicia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Investigación en Matemáticas

³Centro de Geociencias, UNAM

afns@geociencias.unam.mx

Las fallas geológicas se caracterizan por un plano de fractura a lo largo del cual ocurrió desplazamiento. Eso provoca que estructuras como capas, vetas, ejes de pliegues, o diques sean seccionados y desplazados por efecto de la falla. El desplazamiento se calcula restaurando a su posición original puntos que estuvieron adyacentes antes del movimiento de la falla ("piercing points"). Sin embargo, es raro conocer la posición de esos puntos en la naturaleza, por lo cual pocas veces se puede determinar directamente el desplazamiento verdadero. Lo más común es observar marcadores tabulares o lineales que han sido desplazados. El desplazamiento observado en los marcadores es denominado "separación". Aunque es posible calcular el desplazamiento verdadero de la falla a partir de separaciones, no es común que se realice ese cálculo durante el trabajo geológico rutinario, debido a que las configuraciones posibles de los parámetros involucrados son numerosas y los métodos gráficos o trigonométricos resultan lentos y tediosos. En respuesta a este problema presentamos una aplicación denominada TruDisp, que calcula el desplazamiento verdadero de una falla a partir de las separaciones. En esta ocasión presentamos la versión 2.0 de ese programa, teniendo cambios significativos con relación a la versión anterior. TruDisp 2.0 es más robusto y fácil de manejar que su versión anterior, corre en navegadores de internet y presenta una GUI (Graphical User Interface) completamente nueva. El programa utiliza como entrada datos con el formato con que se mide en el campo y ayuda al usuario a evitar errores mediante la presentación gráfica en tiempo real de los datos introducidos. El programa permite calcular el desplazamiento verdadero a partir de un marcador y una estría de falla, o bien, de dos marcadores cuando no se cuenta con estrías. El algoritmo de solución es completamente distinto al de la versión 1.0, con un abordaje más general y el cálculo de los errores se mejoró al utilizar un método Montecarlo (programa disponible en: <https://inifr91.gitlab.io/trudisp/>)

GET-3

UNA APROXIMACIÓN AL ESTILO DE DEFORMACIÓN DE LA FILITA LA ESCONDIDA DEL CRETÁCICO INFERIOR, EN EL CAMPUS UAZ SIGLO XXI, ZACATECAS

Felix García Cintya Evelyn¹, Escalona Alcázar Felipe de Jesús¹, Pineda
Martínez Luis F.², Rodríguez González Baudelio¹, Valle Rodríguez Santiago¹,
Reveles Flores Sayde María Teresa¹ y Mandujano García Cruz Daniel³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

²Unidad Académica de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

³Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

evelynfelixgarcia53@gmail.com

A partir de la cartografía geológica y el fechamiento isotópico, por el sistema U-Pb, en zircones detríticos de lo que originalmente era considerada la Formación Zacatecas, se definieron nuevas unidades litológicas. Una de ellas son los depósitos post-Albianos de la Formación La Pimienta que afloran al sur-occidente de la ciudad de Zacatecas. La secuencia fue definida como una alternancia monótona de lutitas y areniscas. En el trabajo de campo de detalle se observó que la secuencia está silicificada y que, además, tiene vetillas de cuarzo paralelas y perpendiculares a la foliación. Las vetillas que son paralelas a la foliación tienen un espesor que varía de 1 a 20 cm, con una extensión lateral que puede ser de unos cuantos metros hasta poco más de 20 m. Se especula que las vetillas se formaron durante la deformación compresiva porque están cortadas por fallas normales. El área que ocupa el Campus UAZ Siglo XXI está en el bloque caído de la falla normal, con orientación aproximada NNW-SSW, que limita la parte occidental de la Sierra de Zacatecas. En el área de estudio el fallamiento inverso tiene una orientación preferente NW-SE y, en menor proporción NNW-SSE y NE-SW. En los sitios analizados la orientación de los ejes de acortamiento varía entre 01°/048° y 09°/242°, esto es, NE-SW. Esta orientación es subparalela a la de los ejes de extensión de las fallas normales, si bien, estas últimas presentan una mayor dispersión en su orientación. En toda el área de estudio los polos de los planos de foliación tienden a concentrarse en el centro del estereograma con una ligera tendencia hacia el NE-SW que, al ajustarles un cilindro, su charnela, así como la de la mayor parte de los pliegues es perpendicular a la orientación del eje de acortamiento de las fallas inversas, lo que sugiere una relación genética. En el caso de los pliegues cuyos ejes son oblicuos a la deformación compresiva, es probable que su orientación haya sido modificada por los eventos extensionales del Cenozoico. La orientación de las fallas inversas y sus ejes de acortamiento es uniforme en los sitios analizados, lo que sugiere que se formaron durante el mismo evento de deformación, posiblemente en el Orogéno Mexicano. En cambio, las fallas normales tienen una mayor dispersión conforme están más cerca de la falla que limita a la Sierra de Zacatecas. En el estado de Durango se reportaron al menos cinco etapas de deformación extensional durante el Cenozoico que, en el estado de Zacatecas no se tienen identificado cuántas son. Es posible que la variación en la orientación del esfuerzo de extensión durante el Cenozoico haya provocado las variaciones en la orientación de las fallas normales, o quizá haya estructuras reactivadas o ambos procesos.

GET-4

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA DEFORMACIÓN DE LA FORMACIÓN LA PIMIENTA, JURÁSICO INFERIOR-MEDIO, EN EL CERRO DEL GATO, ZACATECAS

Cedillo Candelas Miriam Judith¹, Escalona Alcázar Felipe de Jesús¹, Pineda
Martínez Luis F.², Rodríguez González Baudelio¹, Valle Rodríguez Santiago¹,
Reveles Flores Sayde María Teresa¹ y Mandujano García Cruz Daniel³

¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

²Unidad Académica de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

³Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

mirijud05@hotmail.com

La estratigrafía del Mesozoico de los alrededores de la ciudad de Zacatecas ha sido materia de debate en los últimos años. Tradicionalmente se consideró que estaba formada por la Formación Zacatecas del Triásico Superior (Cárnico) y el Complejo Las Pilas del Jurásico-Cretácico. A partir del fechamiento U-Pb en zircones detríticos y cartografía geológica, la secuencia Mesozoica se dividió en las siguientes formaciones: Zacatecas (Triásico Superior), La Pimienta (Jurásico Inferior-Medio), Complejo Las Pilas (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) y la Filita La Escondida (Cretácico Inferior). Aunque se tiene un mejor conocimiento de la secuencia estratigráfica, el estilo de deformación y los eventos tectónicos que los

produjeron están poco definidos. Aprovechando el crecimiento de la infraestructura urbana en el Cerro del Gato ha dejado al descubierto nuevos afloramientos, en este trabajo se presentan los resultados preliminares del análisis estructural del estilo de deformación de la Formación La Pimienta. La parte superior del Cerro del Gato está formada por el Complejo Las Pilas (CLP) que son derrames de lava de composición que varía de basáltica a andesítica, de textura que varía de porfídica a afanítica con fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno. La estructura puede ser masiva o almohadillada. Tiene alteración hidrotermal cuyos minerales de alteración son clorita y epidota; también está cortada por vetillas que están rellenas principalmente por cuarzo y en menor proporción calcita. Se observó interestratificada una capa de tobas, posiblemente de caída, de espesor aproximado 3 m, en estratos que tienen de 1 a 3 cm de espesor. La textura es porfídica, tiene fenocristales de plagioclasa y escaso lapilli acrecional de 1 mm de diámetro. El CLP está cortado por fallas normales e inversas. Las fallas inversas tienen dos tendencias: una es hacia el NW-SE con el eje de acortamiento orientado hacia $15^{\circ}/041^{\circ}$ y la otra, estratigráficamente hacia abajo, cambia a NE-SW con el eje de acortamiento hacia $09^{\circ}/281^{\circ}$. Las fallas normales tienen las mismas orientaciones que las inversas y otras más, lo que genera dispersión, aunque el promedio de su eje de extensión es E-W. El contacto del CLP con la subyacente Formación La Pimienta (FLP) es por falla inversa. La parte superior de la FLP está formada por una secuencia deformada de lutitas y calizas. A diferencia del CLP, en la FLP la foliación está bien definida en las lutitas, además, hay pliegues que en las calizas con de mayor amplitud que en las lutitas. En la zona de contacto entre ambas unidades el CLP está foliado y en la FLP, en la zona de cizalla, muestra deformación sigmoidal. Las fallas inversas tienen orientación preferente NE-SW con eje de acortamiento que varía de $02^{\circ}/301^{\circ}$ y $13^{\circ}/162^{\circ}$ que es casi perpendicular a los ejes de los pliegues. En la etapa de desarrollo de este estudio aún no se pueden definir cuántos eventos de deformación compresiva registra la secuencia Mesozoica; sin embargo, sí se observa un cambio en el estilo e intensidad de la deformación del CLP y la FLP.

GET-5

ANÁLISIS GEOLÓGICO Y MAGNETOMÉTRICO DEL PLUTÓN ZONADO LA PRIMAVERA EN EL BORDE ORIENTAL DEL ARCO ALISITOS EN EL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR

Ávila Ortiz Nina Adhara Elena¹, Delgado Argote Luis Alberto¹, Pérez Flores Marco Antonio¹, Carrillo López Jonathan¹ y Contreras López Manuel²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Instituto de Geofísica, UNAM

avilaortiz@cicese.edu.mx

El Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) consiste en una serie de plutones cretácicos que se extiende de manera continua desde Riverside, California, hasta el paralelo 28 en Baja California. Debido a sus distintas características petrológicas y geofísicas, este cinturón se ha dividido en dos zonas paralelas al eje de la península. En la zona occidental afloran plutones predominantemente gabro-dioríticos a tonalíticos, ricos en magnetita, lo que les confiere alta susceptibilidad magnética. Las rocas encajonantes de estos plutones pertenecen a diferentes segmentos de arcos de islas del Jurásico y Cretácico Temprano. Estas unidades incluyen sucesiones volcánicas y volcanosedimentarias metamorizadas en facies de esquistos verdes. Por otro lado, la zona oriental alberga plutones principalmente granodioríticos hasta graníticos, pobres en magnetita y baja susceptibilidad magnética. Las rocas encajonantes que caracterizan el cinturón oriental corresponden a depósitos de cuenca y margen continental de edades triásicas y paleozoicas, respectivamente. En el conjunto se identifican rocas clásticas silicatadas y carbonatadas que han sido metamorizadas en facies de anfibolita y han sufrido intensa deformación. En la parte meridional del CBP destaca una anomalía magnética prominente que interrumpe el gradiente magnético regional. Esta anomalía se origina en las rocas del batolito San Julián, al cual pertenece el plutón La Primavera en su sector norte. El plutón zonado La Primavera es un intrusivo emplazado al este del límite magnético regional. Es notable por presentar una señal magnética superior a los 400 nT, lo que lo asemeja a los plutones de la zona occidental del CBP. Su estructura es concéntricamente zonada, con un núcleo máfico compuesto principalmente por diorita y gabro, rodeado por márgenes tonalíticos a graníticos que muestran signos de deformación. Nuevas edades de cristalización U-Pb en circón (131.99 ± 0.64 y 133.03 ± 0.64 Ma) indican que el plutón La Primavera se emplazó a mediados del Cretácico inferior. Los resultados de los análisis magnetométricos y estructurales sugieren que la geometría del cuerpo máfico magnetizado es aproximadamente cilíndrica, con bordes de orientación subvertical. Las zonas de cizalla identificadas en las rocas félsicas en el norte del plutón La Primavera, así como en las rocas encajonantes, indican que el emplazamiento del plutón pudo haber ocurrido durante un régimen compresivo contemporáneo al reportado entre Nuevo Rosarito y El Arco.

GET-6

NW ORIENTED DEXTRAL SHEARING WITHIN THE JALISCO BLOCK REVISITED

Bandy William¹, Mortera Gutiérrez Carlos¹ y Millán Motolinia Carmen²

¹Instituto de Geofísica & LUCO, UNAM

²LUCO, UNAM

bandy@geofisica.unam.mx

It is well known that the stress arising from oblique plate convergence at subduction zones is commonly partitioned into a trench-parallel component and a trench normal component. The trench normal component is released along the subduction megathrust; whereas the trench parallel component is released along trench-parallel strike slip faults and Trench-perpendicular oriented extension structures located within the volcanic chain (e.g. in the case of Sumatra; Fitch, 1972) or within forearc area (e.g. in the case of Baja California; Stock and Hodges, 1989). The presence of NW-SE and NE-SW oriented grabens bounded by prominent NW oriented regional lineaments observed on TM Landsat images (INEGI, 1995) within the interior of the Jalisco Block of western Mexico led Maillol et al. (1997) to propose that trench parallel component of stress arising from the oblique subduction between the Rivera and North American plates along the Jalisco Subduction zone was being accommodated within a right-lateral shear couple located within the Jalisco block between the Sierra Cacoma and the San Sebastian lineament. Given the significantly better quality of the presently available Satellite data compared to that available in 1997, we use these new data to revisit the proposal. We find that structural and spatial petrologic patterns evidence that the dextral strike slip movement and associated crustal extension probably extends further north than previously proposed. Also, we propose that the San Sebastian volcanic field lies within a pull-apart basin formed at a right-stepping offset along the San Sebastian lineament.

GET-7

STRUCTURE AND EVOLUTION OF THE INTRAPLATE SEAMOUNT IN THE NORTHERN PART OF THE NINETYEAST RIDGE DERIVED FROM THE INTEGRATED ANALYSIS OF GEOPHYSICAL DATA

Yutsis Vsevolod¹, Levchenko Oleg², Ivanenko Alexander², Veklich Ilya², Turko Nataliya³ y Marinova Yulia²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

vsevolod.yutsis@ipicyt.edu.mx

The linear Ninetyeast Ridge (NER) is the longest oceanic intraplate volcanic edifice and main feature in the Eastern Indian Ocean. Many seamounts are located on the ridge, whose origin and age remain unclear due to the lack of samples of the bedrock of which they are composed. Carbonate sedimentary caps on these seamounts prevent their direct geological sampling by dredging, therefore indirect geophysical methods are an alternative. Such integrated geophysical studies (the main methods are multibeam bathymetry and magnetic surveys) were carried out in cruise #42 of the R/V Akademik Boris Petrov in 2017 on a large seamount at the base of the NER's western slope near 0.5 S. The collected data also includes seismic reflection data that reveal morphology, fault tectonics, depth structure, and an assumed origin of this volcanic feature. The Ninetyeast Ridge was formed by the Kerguelen plume magmatism at 50 S in the giant N-S fault. The seamount was formed mainly to the north as a result of two-stage magmatism in a transverse strike-slip fault. The first stage (47 Ma) formed the main western part of the seamount at 20 S. The second stage (23 Ma) formed its eastern part at 8 S. The time intervals between the formation of the main massif of the Ninetyeast Ridge and the stages of subsequent magmatism that formed the western and eastern parts of the seamount are approximately 31 and 55 Ma, respectively.

GET-9

SECUENCIA “EL PITAYO”, UNIDAD PALEOZOICA META-VOLCANOSSEDIMENTARIA DEL COMPLEJO ACATLÁN, Y SU IMPORTANCIA EN LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA PRE- Y POS-PANGEA

González-Ixta Yessica¹, Elías-Herrera Mariano² y Solé Viñas Jesús²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

yessica_gonzalez@ciencias.unam.mx

Las unidades metasedimentarias pre-pensilvánicas (Formación Cosoltepec) del Complejo Acatlán en el sur de México, representan el 70-90% de la superficie expuesta de dicho complejo. Estas unidades consisten principalmente en metapelitas, metapsamitas y cuarcitas, así como escasos basaltos almohadillados y diques doleríticos (Ortega-Gutiérrez et al., 1978). La evolución tectonoestratigráfica de estas rocas sigue siendo un tema polémico en la tectónica pre- y pos-orogénica del Complejo Acatlán. Como parte de estas unidades, en este trabajo se analiza la secuencia metavolcanosedimentaria “El Pitayo”, unidad metamórfica de bajo grado, expuesta en el área de Guadalupe Allende (anteriormente El Pitayo), 20-25 km al SE de Izúcar de Matamoros, estado de Puebla, y que hasta ahora no ha sido descrita con

detalle. La secuencia "El Pitayo" consiste en metapelitas y metapsamitas de grano fino, cuarcitas, radiolaritas, esquistos de sericita-clorita y metabasaltos intercalados que, en conjunto, sugieren a una cuenca de depósito de aguas profundas. La secuencia presenta una foliación de plano axial penetrante asociada a plegamiento isoclinal, y se encuentra delimitada por fallamientos laterales entre esquistos azules y rocas eclogíticas del Ensamble Piaxtla, en el sector más occidental del Complejo Acatlán. Mediante la técnica de K-Ar con ablación láser, se obtuvo una edad de 234 ± 3 Ma (Carniano) para micas blancas de las rocas metasedimentarias, la cual se puede interpretar como la edad del metamorfismo de bajo grado, o bien, como una edad de enfriamiento relacionada a procesos de exhumación. En ambos casos la edad carniana está probablemente ligada a eventos tectónicos relacionados con la disgregación de Pangea durante el Triásico. Este resultado es comparable a los datos geocronológicos obtenidos en unidades metamórficas de bajo grado pre-pensilvianas en otras localidades del Complejo Acatlán. Así, la secuencia "El Pitayo", por su litología, y por su posición estructural encajonada entre rocas de alta presión misisípicas del Ensamble Piaxtla en el extremo occidental del complejo, se considera una unidad clave que con información más detallada indudablemente permitirá hacer correlaciones más fundamentadas con otras unidades de bajo grado metamórfico, y ayudarán a un mejor entendimiento de la evolución tectónica pre- y pos-Pangea del Complejo Acatlán.

GET-10

EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA DEL SUR DE LA ZONA DE FALLA DE LA COSTA DE SONORA DURANTE EL MIOCENO, RIFT DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Del Pilar-Martínez Alexis¹, Calmus Thierry¹, Noury Mélanie¹, Nieto-Samaniego Ángel Francisco² y Solé Jesús³

¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

adelpillarmtz@gmail.com

La zona de falla de la costa de Sonora (ZFCs) registra la extensión oblicua asociada al rift del Golfo de California en su margen oriental. En esta contribución se presenta un modelo de evolución estructural de la parte sur de la ZFCs en el transecto Sierra El Aguaje-San Carlos-Guaymas, costa central de Sonora. Dicho modelo se basa en cartografía geológica, análisis estructural y geocronología K-Ar, y provee las condiciones cinemáticas y dinámicas ocurridas durante el Mioceno al cambiar de un régimen tectónico extensional a uno transensional. La arquitectura estructural del área de estudio comprende tres conjuntos principales: (1) fallas normales N-S que limitan y basculan bloques hacia el E formando un sistema en dominó; (2) fallas ENE-WSW con desplazamiento lateral izquierdo, normal y oblicuo distribuidas en la Sierra El Aguaje y en Guaymas; (3) fallas NW-SE con desplazamiento lateral derecho, entre ellas la falla San Carlos, una estructura de primer orden que es paralela a las fallas transformantes dentro del Golfo de California. La historia de deformación involucró en el Mioceno Temprano (~15-10 Ma) una extensión ~E-W con fallas N-S afectando a rocas volcánicas intermedias de 21 Ma a 12.5 Ma. Después de ~10 Ma el régimen de deformación cambió progresivamente a uno transensional con el desarrollo de fallas laterales registradas principalmente en una sucesión extensa de ignimbritas de 11-10 Ma. Este sistema estuvo activo hasta el final del Mioceno y posiblemente el Plioceno ya que las rocas volcánicas deformadas más jóvenes son de 6.3 Ma. La rotación de bloques, la reactivación de fallas y la partición de la deformación entre fallamiento normal y lateral fueron fenómenos involucrados durante esta evolución. A partir de la inversión de los tensores de paleoesfuerzos se determinó que, durante la fase extensional #2 y #3 fueron horizontales y orientados ~N-S y ~E-W, respectivamente. La transición hacia un régimen de deformación transensional o lateral implicó que entre ~10 Ma y ~6 Ma la magnitud de #2 aumentara para alcanzar la magnitud de #1 (esfuerzo litostático). Se propone que este cambio estuvo asociado con una carga tectónica ejercida en una dirección ~N-S en el margen noroeste de México durante el Mioceno Tardío, originada por el cierre de la subducción y el inicio del rift oblicuo del Golfo de California.

GET-12

CONTROLS OF FAULT SCALING LAWS ON HEAT-FLOW AND HYDROTHERMAL CIRCULATION IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA RIFT ZONE

Fuentes Karina¹, Contreras Juan², Negrete Raquel² y Neumann Florian³

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, Baja California

³Helmholtz-Zentrum Deutsches GeoForschungszentrum GFZ

k Fuentes@cicese.edu.mx

This talk explores the dependence of fault scaling laws observed in seismic cross-sections on heat-flow measurements collected in the basins of the northern Gulf of California. We use multiple regression analysis and machine learning methods to establish relationships between fault density, fault width, fault penetration depth, overburden thickness, and superficial heat flow. Based on these results, we derive a simple model that links heat transport in a fractured medium with fault scaling laws. This is the first time such an approach has been undertaken to study heat flow as a function of fault formation in the rifting lithosphere. We found that where conductive heat flow is "normal" for a rift environment (90-150 mW/m²), heat

transport is only weakly correlated to fault density and penetration depth ($R^2 \approx 0.1$). Faults in this regime are primarily inactive and appear to be in thermal equilibrium despite reaching depths over 3.5 s two-way travel time (TWTT). However, we observe a slight but statistically significant cooling effect in those faults. Apparently, they act as fluid recharge sites. On the other hand, where advective heat transport dominates (>500 mW/m²), heat flow is strongly correlated with fault density, fault width, and fault activity ($R^2 \approx 0.5$). Hydrothermal circulation is vigorous, where fault density is maximum. Moreover, faults with active hydrothermal circulation reach depths 2-3 s TWTT. These depths coincide with the upper range of diagenetic and low-grade metamorphic processes that release structurally-bound water in hydrated minerals.

GET-13 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE DEPÓSITOS LACUSTRES EN EL BLOQUE DE PISO DE LA FALLA TLAXCALA

Díaz Corte Amelia, Vázquez Serrano Alberto, Rangel Granados Elizabeth, Esqueda Maldonado Cristal y Olmos Moya María de Jesús Paulina

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

amebk.201@ciencias.unam.mx

La falla de Tlaxcala es una estructura kilométrica que tiene una orientación E-W y corta a un paquete de rocas constituido por depósitos lacustres del Mioceno-Plioceno, lavas andesíticas del Plioceno y suelos del Pleistoceno-Holoceno. Dado que existen pocos estudios en las rocas sedimentarias que afloran en el bloque de piso, en este trabajo se realizó una columna estratigráfica de 161 m en el cerro del Metecatzi, a 2 km al noroeste de la ciudad de Tlaxcala, donde se encontraron dos unidades litoestratigráficas. La unidad inferior de color verde se compone de capas que tienen una inclinación entre 10° y 18° hacia el NW siguiendo una secuencia rítmica de areniscas de grano medio a grueso, lentes de caliza y capas de arcillas y limos. Por su parte, la unidad superior de color blanca, descansa discordantemente sobre la unidad verde y se constituye de capas horizontales de areniscas de grano medio a fino intercaladas rítmicamente con paleosuelos y calizas lacustres. En este trabajo, se recolectaron 5 muestras de roca a las cuales tres se les hizo un análisis petrográfico y a dos se les separaron circones para su fechamiento por U-Pb. Con base en los análisis petrográficos y de conteo de puntos, las areniscas de la unidad verde y blanca se clasifican como grauvacas volcánicas, donde la primera, presentó una mayor cantidad de cuarzo, mientras que la segunda tuvo un mayor enriquecimiento en liticos de origen volcánico. Las edades obtenidas fueron de 14.93 ± 0.52 Ma para la unidad verde y de 4.36 ± 0.19 Ma para la unidad blanca. Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren que la unidad verde registra por lo menos 2 eventos de deformación. El primero relacionado con fallas NE-SW y NNW-SSE probablemente durante el Mioceno Tardío. El segundo asociado con la falla Tlaxcala durante el Pleistoceno-Holoceno, la cual acomoda un desplazamiento vertical de al menos 250 m durante el Holoceno. Se espera que los resultados obtenidos a partir del análisis sean de gran utilidad para la comprensión de la historia geológica de la región de Tlaxcala.

GET-14 CARTEL

GEOLOGÍA DEL OCCIDENTE MICHOACANO

Martínez Reyes José¹, Moreno Nava Ignacio¹, Vera Romero Iván¹, Ortiz Soriano Agustina¹, Lira Mendoza Francisco Javier² y Ordaz Murillo Osbaldo¹

¹Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, UCEMICH

²Departamento de Geomática, Comisión Federal de Electricidad

jmartinez@ucienegam.edu.mx

Al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana, se ubica el campo volcánico Michoacán-Guanajuato, en cuyo extremo occidental se localiza la zona Ciénega de Chapala, en la que se encuentra el rift Chapala, estructura compuesta de 2 grabenes, el graben de Chapala y el de Citala con orientaciones opuestas: en el sur con orientación al oeste y en el norte al este. La zona Cienega de Chapala se encuentra al este del rift de Chapala que alberga el sistema geológico mencionado que da lugar a la actividad hidrotermal regional, en el estado de Michoacán principalmente las fallas Ixtlán y Pajacuaran. La geotermia de la zona se compone de unas manifestaciones superficiales constituidas de manantiales y pozos de agua caliente con temperaturas entre 48 y 94 °C en Ixtlán de Los Hervores, San Juan Cósala y Los Negritos. Las aguas y gases de estas manifestaciones hidrotermales poseen características físico-químicas que indican la presencia de fluidos geotérmicos. Durante los últimos meses de 2022 (a partir de septiembre) y en 2023 (principalmente en marzo) han tenido lugar una serie de eventos sísmicos en la zona centro occidental del estado de Michoacán; el primer evento mayor de ellos el día 19 de septiembre de 2022 con epicentro en Coalcomán y posible causa el fenómeno de subducción de las placas tectónicas de Rivera y Cocos bajo la placa de Norteamérica, mientras que el segundo de los episodios telúricos fue registrado el día 15 de marzo de 2023 con epicentro en Peribán, Michoacán al cual se le puede ubicar como parte de un enjambre sísmico con origen en el movimiento de magma en la corteza terrestre.

GET-15 CARTEL

APROXIMACIÓN DE UNA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA A PARTIR DE UNA NUBE DE PUNTOS USANDO PYTHON

Garduño Ramírez Jacqueline, Solano Rojas Darío Emmanuel y Baroco Bonilla Xihuitl Tecuipoh
Facultad de Ingeniería, UNAM
 jacqueline.garduno@ingenieria.unam.edu

La medición de columnas estratigráficas es una de las tareas fundamentales para las geociencias. Sin embargo, el análisis geológico de afloramientos que son de difícil acceso, como es el caso de aquellos a grandes alturas, puede implicar riesgos para las personas realizando trabajo de campo. Gracias a que nuestra comunidad continúa adoptando tecnologías de percepción remota en campo, como son la fotogrametría o el lidar, es posible complementar las tareas de campo, al menos en una fase inicial o para tener una idea general de los afloramientos de difícil acceso. En este trabajo, se presenta un ejemplo de medición aproximada de una secuencia estratigráfica, utilizando un algoritmo desarrollado en Python y una nube de puntos de la página <https://drones.unam.mx/>. La nube de puntos en cuestión se generó a partir de 216 fotografías tomadas desde un dron de la pared del Río Caxcán, Zacatecas, la cual pertenece a la provincia geológica de la Sierra Madre Occidental (SMO). En el afloramiento se puede apreciar una secuencia de capas estratificadas. Nuestro análisis de la secuencia a partir de la nube de puntos, a grandes rasgos, incluyó los siguientes pasos: 1. Visualización, 2. Segmentación, 3. Delimitación de los planos de estratificación, 4. Medición de los planos en los espacios cartesianos y estereográfico. 5. Cálculo aproximado de espesores de la secuencia. Python desempeña un papel crucial en el análisis gracias a su habilidad para manejar grandes volúmenes de datos, como evidenciamos al procesar millones de puntos. Al ser un lenguaje de código abierto, su versatilidad permite su adaptación a diversas disciplinas según sus objetivos. A pesar de algunas limitaciones identificadas, nuestro proceso resalta el potencial de las herramientas tecnológicas modernas para apoyar eficazmente tareas de campo.

GET-16 CARTEL

TRANSPORTE TECTÓNICO A FINALES DEL CRETÁCICO ENTRE EL LÍMITE DE LA MESA CENTRAL Y SIERRA MADRE ORIENTAL, CENTRO DE MÉXICO

Cid Villegas Gonzalo y Xu Shunshan
Centro de Geociencias, UNAM
 gcvillegas@geociencias.unam.mx

A finales del Cretácico ocurrió uno de los eventos tectónicos compresivos más importantes del centro de México, el inicio de la formación del Orógeno Mexicano. Existen manifestaciones del Orógeno Mexicano tanto en las provincias Sierra Madre Oriental como en la Mesa Central. El Orógeno Mexicano ha sido el centro de investigación de varios trabajos sobre su formación y evolución en cada una de estas provincias. No obstante, pocos trabajos se han centrado en la deformación de finales del Cretácico ocurrida en el límite de ambas provincias. Parte de este problema se debe a los pocos afloramientos de rocas cretácicas en el límite de ambas provincias. El límite de ambas provincias corresponde al sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) y el presente trabajo está centrado en las localidades de San Miguel de Allende, Juriquilla, Sierra de los Cuarzos y Mineral de Pozos, que se encuentran dentro del SFTSMA y donde se han identificado rocas cretácicas. Para tener mayor certeza sobre la edad de estas rocas se fechó la edad máxima de depósito mediante granos de zircón detrítico en muestras de estas localidades. Se identificó la dirección de transporte tectónico en las rocas de la zona de estudio y se comparó con datos previamente publicados tanto dentro del SFTSMA como al oriente y occidente del mismo. Por último, se comparó en campo la dirección de transporte tectónico observada en nuestra zona de estudio con dos áreas dentro de la Sierra Madre Oriental y la Mesa Central respectivamente. Dentro de nuestros resultados obtuvimos edades máximas de depósito que oscilan entre 99 a 110 Ma, además se observan que existen diferencias significativas entre la dirección de transporte tectónico al oriente y al occidente del SFTSMA a finales del Cretácico.

GET-17 CARTEL

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA UNIDAD CAHUASAS PERTENECIENTE A LA PROVINCIA TAMPICO-MISANTLA

Cortés Prado César Alberto, Cerca Mariano, Levresse Gilles, Ferrer Vania y Carrizosa Ricardo
UNAM
 cacortes@geociencias.unam.mx

El entendimiento del comportamiento mecánico de las rocas del subsuelo es fundamental en diferentes ramos del sector energético y en el ámbito de las geociencias abarcando proyectos tales como la caracterización de los yacimientos de hidrocarburos y los proyectos de captura y almacenamiento de CO₂. Algunos de los factores que influyen en la respuesta mecánica de las rocas son: La temperatura, el confinamiento, la composición mineralógica, la microestructura y la tasa de deformación. Este trabajo consiste en la elaboración de un modelo de propiedades mecánicas para la unidad Cahuassas perteneciente a la provincia Tampico-Misantla para lo cual se realizaron pruebas a compresión triaxial en muestras cortadas de núcleos de pozo y en muestras de afloramientos. Para esto se realizaron 24 ensayos a compresión triaxial y 6 ensayos a compresión uniaxial. Se investigó el efecto

de la presión de confinamiento, el contenido de humedad, la composición y la anisotropía en los parámetros de resistencia a la compresión uniaxial (UCS) y del módulo de elasticidad (E). Se realizaron descripciones de los sitios de afloramiento y descripciones petrográficas en muestras cortadas en dirección perpendicular y paralela a la estratificación. Los resultados de los ensayos sugieren que un incremento de tan sólo 0.35 % en el contenido de humedad de las muestras disminuye la resistencia a la compresión uniaxial y del módulo de elasticidad en un 40%. La resistencia a la compresión uniaxial en la dirección perpendicular a los estratos resultó mayor que en la dirección paralela. También se pudo relacionar la presencia de fracturas preexistentes y el comportamiento de las curvas de esfuerzo – deformación, así como del comportamiento post-falla. Estos resultados se utilizarán en la elaboración de un modelo mecánico regional 3D en un trabajo posterior que se elaborará para las unidades de interés con la información de registros de pozos petroleros perforados en la zona y con la interpretación de un cubo sísmico convertido a profundidad.

GET-18 CARTEL

ESTUDIO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL DE LA PORCIÓN NE DE ACTOPAN HIDALGO

Fernández Díaz José María, Franco Hernández Oscar Alejandro y Tellez Flores Rene Alejandro
Instituto Politécnico Nacional, IPN
 fernandez.diaz.jose.mariaipn@gmail.com

El estudio se centra en la parte NE de la Ciudad Actopan reconocida por estar entre la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y la Sierra Madre Oriental (SMO). Geomorfológicamente se caracteriza por tener una geomorfología de sierras escarpadas, domos y planicies de derrames volcánicos. Litoestratigráficamente se reconoce a la Facie la Negra de la Formación el Doctor donde se muestra rocas calizas tipo mudstone, que se encuentran en contacto con rocas volcánicas (Riolitas-Riodacitas), del Terciario, en la cual se reconocen gradientes mineralógicos indicado por segregación de calcita, sílice amorfo y cuarzo cristalino principalmente en la Formación Vizcaina, es en esta formación donde se destaca la presencia de diferentes alteraciones hidrotermales (propilitica, argílica y de oxidación). Las Formaciones Santiago y Vizcaina, se caracterizan por su alto tectonismo, encontramos los principales indicadores cinemáticos, fallas de desplazamiento a rumbo, diques, fallas normales y fallas inversas, de los cuales se obtuvieron datos estructurales, que presentan orientaciones predominantes NE-SW, NW-SE en sistemas de fracturas y N-S en fallamientos normales. Para todo este estudio, se realizaron redes estereográficas y diagrama de roseta para su análisis que se discutirá más a profundidad en este estudio, así como una integración cartográfica preliminar de los datos estructurales y geológicos.

GET-19 CARTEL

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL CON BASE EN INDICADORES CINEMÁTICOS DE LA FALLA COAPECHACA EN EL SECTOR DE VENUSTIANO CARRANZA, PUEBLA

Hernández Cruz Luis Antonio, Morales Xochihua Luis Alberto y De León España José
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC
 luis.antoniocruz@itsvc.edu.mx

El análisis estructural demuestra a detalle los diferentes mecanismos de deformación de las rocas en la región circundante de la Falla Coapechaca (20°26.05" N, 97°40.28" W, 324 msnm) en la localidad de El Ajengibre, al NE del estado de Puebla. La caracterización geométrica y cinemática de la Falla Coapechaca se determina con la ayuda de la reconstrucción de los sistemas de esfuerzos con los que se relaciona de manera espacial; para ello se elabora una serie de modelos geológico-estructurales en 2-D y posteriormente se determinan los indicadores cinemáticos respectivos. Los tipos de evidencias físicas en campo identificados ejemplifican el modelo de ruptura ideal para el macizo rocoso en cuestión, que para nuestra zona es la Fm. Chicontepec, en su miembro inferior. El interés de elaborar un modelado geoestructural recae en el conocimiento nuevo sobre el comportamiento observable en campo, dado que en la localidad existe una relación entre esos indicadores y la presencia de una colada lávica que se manifiesta in situ. Se adquirieron los datos estructurales en campo para generar dichos modelos y comparar con un análisis petrológico previo. Con este método de investigación geológica, se propuso identificar las condiciones de deformación frágil. Al realizar un modelo geoestructural con los datos obtenidos con el programa Stereonet nos percatamos de la existencia de un movimiento lateral con comportamiento normal, que se corrobora a nivel regional. Se identifican los comportamientos estructurales a partir del análisis gráfico de los resultados. Se identifica el plano de falla a partir de la cartografía previa y se analiza con respecto a los datos obtenidos, lo que demuestra la dirección de desplazamiento de la falla. Clasificando los indicadores cinemáticos, podemos identificar de manera espacial foliaciones generales con dirección 40-340°, exfoliación de fluidos hidrotermales, estilolitas, marcas de paleocorriente concordantes a la deformación, y las fracturas poseen una dirección de 80° NE. El abudamiento (boudinage) presente en la zona dictamina la componente estructural de carácter extensivo. Los patrones de foliación indican la concordancia a rumbo estructural, por un lado, y por otro, dictamina que existe un patrón ortogonal en la zona. Los diagramas de contornos de Kamb y de rosetas atribuyen un panorama de dislocación estructural, debido a la misma zona distensiva.

GET-20 CARTEL

INTERACCIÓN DE LOS ORÓGENOS MARATHON-OUACHITA-SONORA Y ANCESTRAL ROCKY MOUNTAINS EN EL SUROESTE DE LAURENCIA DURANTE LA CONSOLIDACIÓN DE PANGAEA OCCIDENTAL

Juárez Zúñiga Sandra¹, Stockli Daniel¹, Lawton Tim² y Kerans Charles¹

¹Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

²Bureau of Economic Geology - University of Texas at Austin

sjvarez@utexas.edu

Los cinturones orogénicos Montañas Rocallosas Ancestrales (Ancestral Rocky Mountains-ARM) y Marathon-Ouachita-Sonora (M-O-S) controlaron la distribución de sedimento y procedencia detrítica en las cuencas del suroeste de Laurentia durante el ensamble final de Pangea occidental. Los modelos tradicionales sugieren que la deformación de las ARM resultó de la compresión oblicua a lo largo de la zona de sutura M-O-S. Sin embargo, modelos recientes proponen la existencia de un margen transpresivo en la margen suroeste de Laurentia (margen de Sonora) previo al ensamble final de Pangea. El debate sobre la interacción entre las ARM y el orógeno M-O-S se debe a que las estructuras no están expuestas en el suroeste de Laurentia, por lo que la historia de exhumación de los bloques de basamento y el inicio de la sedimentación clástica en las cuencas sin-tectónicas se desconoce. El estudio de la procedencia detrítica en las sucesiones clásticas del Paleozoico tardío expuestas en la región de Texas, Nuevo México y noreste de México ofrece la oportunidad de documentar la temporalidad de ambos orógenos con un enfoque de fuente a depósito. En este trabajo presentamos datos geocronológicos U-Pb en circones detríticos (UPbCD) y doble fechamiento (U-Th)/He de la sucesión del Pensilvánico temprano-Pérmico temprano de la cuenca Orogrande, expuesta en las Montañas Sacramento en Nuevo México, para documentar la firma detrítica en las cuencas ARM en la región más próxima al bloque levantado, así como el inicio del acortamiento de las ARM y la posible influencia del orógeno M-O-S en el suroeste de Laurentia. Los nuevos datos UPbCD muestran una firma detrítica pre-tectónica en la base de la sucesión, posiblemente relacionada a la erosión del frente Ouachita en el Pensilvánico temprano. El registro de circones detríticos en las unidades sin-tectónicas del Pensilvánico medio-tardío indica un cambio de procedencia a fuentes locales, derivado de la exhumación del bloque Pedernal, caracterizado por tres componentes: Yavapai-Mazatzal, Provincia Riolitica-Granítica y Grenville reciclado del cratón de Norte América. Esta firma detrítica es constante hasta el Pérmico temprano, reflejando la erosión del bloque Pedernal durante este periodo de tiempo. Finalmente, los estratos superiores de la sucesión muestran un cambio abrupto en la procedencia a un único grupo de ~1.25 Ga, lo cual sugiere el cese de la actividad tectónica de las ARM y por lo tanto el enterramiento del bloque Pedernal en el Pérmico temprano. Nuestros resultados de doble fechamiento (U-Th)/He en circones de 5 muestras detríticas confirman la terminación del orógeno ARM en el Pérmico temprano. En conjunto estos datos sugieren que la deformación de las ARM antecede el acortamiento a lo largo del orógeno M-O-S y que dicha provincia fungió como una barrera topográfica que impidió la dispersión de sedimentos provenientes de Laurentia hacia las sucesiones sedimentarias ahora expuestas en territorio mexicano.

GET-21 CARTEL

DEFORMACIÓN EN LA SECUENCIA IGNI-MBRÍTICA EL SALTO-ESPINAZO DEL DIABLO, PORCIÓN CENTRAL DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Barraza Cigarroa José Manuel¹, Loza Aguirre Isidro¹ y Ferrari Luca²

¹Universidad de Guanajuato, UG

²Centro de Geociencias, UNAM

jm.barrazacigarroa@ugto.mx

La gran provincia silícea de la Sierra Madre Occidental (SMO) es el resultado de varios eventos magmáticos y tectónicos que ocurrieron durante el Cenozoico. En la parte central de la SMO se conocen desde hace tiempo dos secuencias ignimbríticas: la de Durango con edades del Oligoceno temprano, y la de El Salto-Espinazo del Diablo (ESED), con edades del Oligoceno terminal (~24 Ma). La discordancia angular entre las dos secuencias indica que la fase inicial de la deformación extensional ocurrió en el Oligoceno tardío. En el presente trabajo se realizó un estudio geológico-estructural a lo largo de la autopista Durango-Mazatlán y la Carretera libre Durango-Mazatlán, en los transectos de La Ciudad, Pueblo Nuevo, Dgo., y El Palmito, Concordia, Sin., donde no se había reportado una deformación considerable posterior al emplazamiento de la secuencia ESED. El objetivo principal fue documentar la existencia de estructuras de deformación en la secuencia ESED y comparar su geometría y cinemática con las estructuras de deformación presentes en las unidades más antiguas. Se mejoraron los mapas geológicos a partir del análisis de imágenes de satélite de Google Earth y observaciones en campo. Dentro de la secuencia ESED se definieron cuatro paquetes de ignimbritas con diferentes grados de soldamiento, contenido mineralógico y texturas piroclásticas. A lo largo de esta secuencia ignimbrítica, se observaron contactos subhorizontales entre los paquetes definidos, con planos de pseudoestratificación de rumbo NW-SE y echado de bajo ángulo al SW. En cuanto al fallamiento, se observó que en las rocas del Oligoceno temprano se definen dos sistemas de fallas uno de rumbo NW-SE con buzamiento predominante al NE, y un sistema menor de rumbo NE-SW. El sistema NW-SE acomodó una mayor deformación, considerando los basculamientos de

hasta 30° hacia el SW observados en las unidades del Oligoceno temprano. En ambos sistemas se apreciaron movimientos con componentes verticales y oblicuas con orientación preferencial NW y NE, definiendo, como conclusión preliminar, una dirección de extensión NE-SW en un evento de deformación ocurrido durante el Oligoceno medio a tardío. En general, la secuencia ignimbrítica ESED presenta fallas de rumbos variados y desplazamientos de poca magnitud, evidenciado por el poco o nulo basculamiento que presenta esta secuencia, esta actividad puede representar reactivaciones menores del sistema de fallas Tayoltita – Pueblo Nuevo (Ferrari et al., 2013). En un análisis preliminar de estas fallas se obtuvo una dirección de alargamiento máximo de rumbo aproximado ENE-WSW que, de confirmarse, implicaría un cambio en la dirección de extensión posterior al emplazamiento de la secuencia ESED en el área de estudio. El trabajo de campo se realizó gracias al financiamiento del Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, de la División de Ingenierías del Campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato.

Sesión regular

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL

Organizadores

Laura Elizabeth Peña García
Roberto Maciel Flores
Martín Hernández Marín

GGA-2

EVALUACIÓN GEÓLOGO-GEOTÉCNICA PARA UN PROYECTO DE UN SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS - EJEMPLO DEL MUNICIPIO MÚZQUIZ, COAHUILA

Almaguer Carmenates Yuri, Batista Rodríguez José Alberto,
Batista Cruz Ramón Yosvanis y López Saucedo Felipe de Jesús
Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila
y_almaguer@uadec.edu.mx

Se realiza una evaluación geólogo-geotécnica para un proyecto de un Sitio de Disposición Final (SDF) de residuos sólidos urbanos, según los criterios de la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, en el ejemplo del SDF de Múzquiz, Coahuila. La metodología incluye la identificación de las restricciones espaciales del SDF con respecto a aeródromos, áreas naturales protegidas, límites de trazas urbanas, zonas de humedales, cuerpos de aguas y pozos de extracción de aguas. Se establecieron los principales aspectos ambientales considerando los suelos, densidad de vegetación, procesos erosivos, etc. Se determinaron las particularidades geológicas relacionadas con los tipos de rocas y suelos, estructuras geológicas, y formas del relieve, las características del agua superficial y subterránea; todo lo anterior fue ejecutado mediante métodos cartográficos de campo y exploración geofísica a través de tomografías de resistividad eléctrica y sísmica de refracción. Aplicando el método de penetración ligera de cono se pudieron identificar los horizontes de suelos presentes hasta una profundidad de 2 m; a estos suelos se les aplicaron ensayos de permeabilidad in situ y un análisis de propiedades físico-químicas tales como pH y CE. La evaluación del área del SDF de Múzquiz, según los aspectos de la norma correspondiente, indica que no existen restricciones y condiciones ambientales y geotécnicas que comprometa la operatividad del mismo. Los trabajos geólogo-geotécnicos muestran la presencia de cárcavas de grandes dimensiones (5 - 30 m longitud) en suelos de altas pendientes y con ausencia de vegetación en el extremo oeste del área; esta situación se debe a que el área colinda con antiguas presas de jales de minería de carbón y debe considerarse durante la construcción del SDF. Se identificaron tres horizontes de suelos; en superficie hay suelos arcillosos de alta plasticidad, húmedos y con baja permeabilidad en los primeros 2 metros de profundidad, subyacentes por horizontes más compactos, arenos-gravosos y menos arcilloso. Las mediciones de permeabilidad varían entre 1.09×10^{-5} y 9.44×10^{-6} m/s. Desde el punto de vista físico-químico, son suelos medianamente a fuertemente alcalinos con pH de 7.54 – 8.06 y muy ligeramente salinos con CE de 1.502-2.918 dS/m. El agua subterránea se encuentra a 6 m de profundidad con pH de 6.67 - 7.92, del tipo bicarbonatada cálcica y/o magnésica. Estos resultados permitieron concluir que el área de estudio presenta condiciones geoambientales propicias para el desarrollo del proyecto del SDF del municipio de Múzquiz.

GGA-4

DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO NEXAPA

Aguilar Corrales Renata, Vidal García Gabriela, González Araoz Patricia, Pérez Cruz Mariana y Torralba Sánchez Rosalía
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
renata.aguilarc@alumno.buap.mx

Se estudia la calidad de agua en el río considerando 2 puntos de referencia, la Galarza (empresa) (P1) y el campus BUAP de Izúcar de Matamoros (P2), lo cual corresponde a una distancia aproximada de 2738 m. Para el diagnóstico se hace la comparación con los valores umbral establecidos para descargas de agua residual en ríos, arroyos, canales y drenes establecidos en la NOM-001-SEMARNAT 2021. En un período de 73 días se realizaron 5 muestreos (día 1, 20, 41, 55, 73), las muestras se analizaron en un total de 31 parámetros (17 establecidos en la Norma y 14 adicionales). Los resultados analíticos indican que la temperatura, grasas y aceites, pH, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn se hallan dentro del rango permitido para vertidos de agua residual. Sin embargo, los parámetros que exhiben excedencia en sus valores (1 o más muestreos) corresponden a SST, DQO, Ntotal, color verdadero, As, Cr. Es importante mencionar que el As alcanza hasta 30 veces el valor umbral, mientras que el Cr alcanza 4.5 veces el valor umbral. Un factor preocupante es la excesiva

cantidad de coliformes en el agua ya que la norma marca para coliformes totales un valor permisible de 600 NMP/100 ml, y para coliformes fecales de 500 NMP/100 ml, pero los valores analíticos están en el rango de 1.3×10^4 a 16×10^6 NMP/100 ml, esta carga es excesivamente alta para el cuerpo de agua, y aunque se observa que entre el punto 1 y 2 se logra abatir hasta en un 60% la carga de coliformes, esto solo ocurre en 3 de los 5 muestreos; se detecta que existen 2 muestreos (41 y 73 días) donde los coliformes totales tienen la misma concentración en ambos puntos. En otro muestreo (41 días) en que el punto 2 tiene 2.6 veces los coliformes fecales del punto 1, lo cual coincide con una caída drástica en el contenido de cloruros (53% en el punto 1 y 22 % en el punto 2). En el resto de los muestreos los cloruros para ambos puntos se hallan alrededor de 100 ppm, lo cual permite que entre el punto 1 y 2 se reduzca la concentración de coliformes. En cuanto a los parámetros no normados se determina la presencia de sulfatos y sulfuros con una tendencia descendente, con los valores de pH, sólidos disueltos totales (SDT, mg/l), calcio (Ca+2, mg/l), el valor de alcalinidad total (Alk, mg/l), y la temperatura (T, °C), y utilizando la aplicación de Lenntech se calcula el índice de Saturación de Langelier (ISL) con lo cual se observa que las muestras colectadas califican en su mayoría como ligeramente incrustante y corrosiva. Palabras clave: río, agua residual, calidad química, diagnóstico

GGA-5 CARTEL

ESPECIACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA DE POZOS UTILIZANDO HPLC Y MP-AES

Márquez Arellano Pamela Bibiana, Iñiguez Pacheco José Enrique y Kretzschmar Thomas Gunter
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
pamemqzar@gmail.com

El agua es uno de los recursos naturales más importantes del mundo ya que es imprescindible para la supervivencia de los seres vivos. En México existen problemas relacionados a este recurso: su déficit y calidad, ya que ambas cuestiones tienen un papel importante en la salud de la población. Ensenada es un municipio ubicado en el noroeste del país, y localizado en una región de clima semiárido, lo cual propicia una lenta recarga de pozos de agua, aunado a esto, el turismo ha incrementado junto con la demanda de este recurso; estos factores conducen a una sobreexplotación por parte del ser humano, provocando que elementos químicos anteriormente inmóviles presentes en el agua subterránea sean transportados y resuspendidos hacia la superficie, siendo el Arsénico (As) uno de ellos. Por lo tanto, el agua potable que empleamos diariamente puede exponernos a este elemento tóxico y llegar a nuestro organismo en cualquiera de sus especies (las inorgánicas: As III y As V; y las metiladas: el MMA y DMA), siendo el As III la más tóxica debido a su bioacumulación en el cuerpo humano, ya que es 60 veces mayor que el As V. El Arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública, y, además, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado al arsénico y sus compuestos como carcinógenos para los seres humanos. Debido a esto, existen normas que regulan la concentración del As permisible en el agua, mientras que la OMS establece en su normativa un límite de $10 \mu\text{g/L}$, en México la NOM-127-SSA1-2021 establece un límite de $25 \mu\text{g/L}$; otro factor importante es que estas normas solo toman en cuenta al As total y no a sus especies las cuales tienen una toxicidad diferente. Considerando la importancia de la relación entre el As y el ser humano, se realizó un trabajo, el cual consistió en la toma de muestras de 4 pozos profundos de agua potable donde se realizó la separación e identificación de cada especie de As utilizando la Cromatografía de Líquidos de Alto Desempeño (HPLC) validándolas con el estándar 3035 del NIST (Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología), posteriormente se realizó la determinación de las concentraciones de cada una de ellas utilizando la Espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas (MP-AES) y la validación de resultados obteniendo parámetros estadísticos. Los resultados muestran los cromatogramas en los cuales se identifican la separación de las especies de As y también se observan las concentraciones de cada una de ellas en las distintas muestras de agua de los pozos de la ciudad, demostrando que el uso de las dos técnicas analíticas utilizadas para el análisis de este elemento son eficaces y eficientes para la determinación de la presencia de las diferentes especies de arsénico presentes en muestras de agua potable.

GGA-6 CARTEL

VARIACIÓN CLIMÁTICA EN LA CALDERA LA PRIMAVERA SEGÚN EL REGISTO FÓSIL

Maciell Christian Alexander, Peña García Laura Elizabeth, Rosas Elguera José, Maciel Flores Roberto y Hernández Sánchez José María
Universidad de Guadalajara, UdeG
 christian.maciell1518@alumnos.udg.mx

Los lagos y paleolagos a lo largo de la Faja Volcánica Mexicana aportan importante información relacionada con el paleoclima. Como lo que se expone en la caldera La Primavera que se localiza al occidente de Guadalajara. Esta caldera inició su actividad hace 140 mil años. En su evolución, y como consecuencia de un colapso central se formó un lago cuyos depósitos tienen un espesor de 5 m y están formados por sedimentos lacustres, pómez gigantes, cenizas, depósitos fluviales y vulcano-lacustres. De acuerdo con la distribución espacial de los depósitos lacustres y dada la resurgencia el piso del lago se elevó unos 150 m. En cuatro, de los 24 estratos estudiados, que forman la secuencia volcánica (de 140,000, a 27,000 años) se identificaron restos de carbón y fósiles de conos, acículas y ramas de pinos. Estos materiales corresponden a las siguientes especies de pino *Pinus durangensis* Martínez, *Pinus leiophylla* Schlechtendal & Chamisso, *Pinus montezumae* A. B. Lambert, *Pinus luzmariae* Pérez de la Rosa, *Pinus teocote*. Schlechtendal & Chamisso y *Pinus douglasiana* Martínez. Dos muestras fechadas por el método ¹⁴C, dio edades de 38,170 a 39,000 años A.C. Un ecosistema con este tipo de especies se localiza a aproximadamente 177 km al noroeste, en la Sierra de Bolaños, y a una elevación de 2500 msnm que son 850 m más alto que en la caldera La Primavera. En el cuadro 1, se presentan las diferencias climatológicas. Cuadro 1.- Datos climatológicos de la SP y SB Parámetros Primavera Sierra de Bolaños Latitud y Longitud 20° 39' /104°34' 24° 51' /103° 50' Altura 2000 msnm 2640 msnm T° media 18-22° 14-18° T° máxima 26-30° 22-26° T° mínima 14-18° 14-18° Amplitud térmica 14-16° 12-14° T° diurna 22-26° 22-26° T° nocturna 14-18° 14-18° T° media anual 18-20° menor 18° T° máxima anual 26-30° 22-26° T° mínima anual 10-12° menor 10° Pp Jun-Oct 600-800 800-1200 Pp Julio 150-200 150-200 Pp anual 600-800 500-600 Evaporación Jun-Oct 800-900 700-800 Evaporación anual mayor 2200 2000-2200 Índice de humedad Jun-Oct 0.8-1.2 0.8-1.2 Índice de humedad Agosto-Sept 0.8-1.2 menor 0.8 Índice de humedad anual 0.4-0.8 menor 0.4 Fecha de inicio P. húmedo Jul 16-31 Agosto 1-15 Fecha de término Sept 16-30 Sept 1-15 Actualmente la caldera La Primavera cuenta con un clima, que no corresponde con el que existió hace unos 38 mil años según evidencian los fósiles encontrados, por lo que se plantea que esta comunidad de pinos migro hacia el NE, en la medida que se modificaba el clima con temperaturas más secas y cálidas. Nuestros datos evidencian que la temperatura, en la caldera La Primavera, se ha incrementado de 2° a 3° C y que la precipitación disminuyó entre 100 y 200 mm a partir del Pleistoceno tardío.

GGA-7 CARTEL

ANÁLISIS DE SUELOS DE UN SDF - CASO NUEVA ROSITA, COAHUILA

Gómez Piña Christian Daniel, Santos Ortega Esmeralda, Ayala Vélez Hannia Marlaury y Almaguer Carmentales Yuri
Escuela Superior de Ingeniería - Universidad Autónoma de Coahuila, ESI - UAdeC
 christian.gomez@uadec.edu.mx

Actualmente en México, los Sitios de Disposición Final (SDF) para residuos sólidos son un tema controversial al que se le debe prestar atención, si bien, se definen como "técnicas de ingeniería que procuran el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales" en muchas ocasiones este tipo de acciones y manejo de residuos no es efectuado de manera responsable y no es apegado a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que deben de regular estos sitios tales como la NOM-083-SEMARNAT-2003. Este estudio se enfoca en el SDF Nueva Rosta, municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila. En este contexto, la materia Práctica Geológica de Campo a través del plan de estudio de Ingeniero Geólogo de la UAdeC, desarrolla un proyecto de Cartografía Ambiental cuyo objetivo se centra en Cartografiar y analizar las condiciones ambientales de un SDF y comparar con las especificaciones de protección ambiental. Durante los trabajos de campo se realizó el levantamiento de 6 puntos, con toma de muestra de suelo, y reconocimiento de área; las muestras de suelo se trabajaron en una máquina tamizadora Ro-Tap modelo RX-29 para obtener granulometrías # 2 mm, y obtener mediciones de pH y nutrientes del suelo (N, P, K) empleando el Kit de suelos Hanna HI3896. Los resultados muestran pH promedio de 7, P en cantidades traza, y N y K en cantidades bajas. Así mismo, empleando una sonda multiparamétrica Hanna HI98194, se midieron los parámetros de pH, ORP y CE, indicando valores medios de 7.9, 125.1 y 726 µS/cm respectivamente. Los resultados indican suelos alcalinos, muy bajos en nutrientes, los cuales son afectados por procesos de compactación constante y remoción de suelo derivado de la propia dinámica del SDF. De acuerdo a la evaluación del SDF de Nueva Rosita según la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, no existen restricciones y condiciones ambientales y geotécnicas que comprometa la operatividad del mismo según su ubicación espacial con respecto a cuerpos de aguas, aeródromos, límites urbanos y presencia de pozos de aguas.

GGA-8 CARTEL

ESTUDIO DE LA EFICACIA DE LAS POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN POR MAPEO DE LA VEGETACIÓN CON IMÁGENES DE SATÉLITE: TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO

Nieto Butrón Jacob Jesús¹, Ramírez Serrato Nelly Lucero², Jácome Paz Mariana Patricia³ y Ruiz Santos Tania Ximena³

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Artista visual independiente

jacob.nieto@ingenieria.unam.edu

El CU (Cañón del Usumacinta) es un área muy importante en el sureste mexicano, alberga un gran ecosistema que ayuda en el combate del cambio climático. Tenosique es parte del Área Natural Protegida del CU, ya que tiene una gran diversidad de flora, fauna y un gran patrimonio cultural. Esta zona ha cambiado en función de las políticas públicas implementadas y el panorama de bosque tropical se ha transformado. Este sitio ha estado bajo la influencia de regulaciones enfocadas al impulso económico de la zona, ya sea para actividades agrícolas como ganaderas, lo que ha afectado la cobertura vegetal aparente, a diferencia de Guatemala que ha optado por regulaciones con un enfoque de conservación forestal. Recientemente, se implementaron acciones de conservación y protección de la zona junto con apoyos para estas comunidades. El objetivo de este estudio es cuantificar en el tiempo la pérdida y ganancia de vegetación a partir de imágenes satelitales de la zona, con la finalidad de comparar esta estadística con los diferentes programas gubernamentales de cada época. Para esto se utilizaron imágenes satelitales multiespectrales de acceso libre y de acceso comercial, de los satélites Landsat y Planet, con una resolución de 15 a 5 metros respectivamente. Cubren una temporalidad del 2010 al 2022. Se realizó una clasificación supervisada con tasa de cambio, tasa de deforestación y matriz de cambio. Los resultados preliminares muestran que la zona ha sido afectada principalmente por efectos atmosféricos, estos se observan en mayor medida entre 2019 y 2020. En estos años, se presenta una fuerte sequía, por lo que el uso de suelo se remarca de forma considerable, mientras que hacia 2022, se presenta una inundación, lo que permite que la vegetación densa, tenga una recuperación mínima. Los resultados servirán para actualizar los proyectos realizados en el sitio y detectar zonas de interés prioritario para proyectos futuros de mayor resolución, así como la estimación actual del estado crítico del sitio referente a la pérdida de cobertura vegetal y cuantificar los esfuerzos de conservación que se han llevado a cabo desde 2008 a la actualidad.

GGA-9 CARTEL

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS Y PROPIEDADES MAGNÉTICAS DEL POLVO URBANO EN LA ZONA METROPOLITANA DE PACHUCA, MÉXICO

Jiménez Coria Nicolás¹, Cejudo Ruiz Fredy Rubén², Mora Chaparro Juan Carlos³, Bautista Zúñiga Francisco³ y Gogichaishvili Avto³

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

2002139h@umich.mx

El incremento constante de la urbanización y la industrialización ha llevado a una creciente preocupación por la calidad del aire y del suelo en áreas urbanas. La ciudad de Pachuca, en su pasado, ha sido reconocida como una importante zona minera que contribuyó significativamente al desarrollo económico y social de la región. Sin embargo, la larga historia de actividad minera y el actual incremento de la urbanización e industrialización ha planteado una preocupación por la situación actual del medio ambiente en la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP). Esta investigación se concentró en determinar el contenido de metales pesados y propiedades magnéticas en el polvo urbano recolectado en las principales vialidades de la ZMP que representan un riesgo potencial para la salud pública y el medio ambiente. Un análisis de la distribución espacial de los parámetros magnéticos y concentración de metales pesados, ha identificado áreas que exhiben una alta acumulación de material ferromagnético y concentración de metales pesados en la ZMP, siendo la zona centro y norte de la ciudad las más afectadas. Con base en el análisis de correlación de Pearson, se encuentro que los parámetros magnéticos presentan una correlación positiva con los contenidos de metales pesados de los elementos ferromagnéticos, por lo que potencialmente podrían tener un uso como indicadores de la contaminación en la ZMP. El presente trabajo muestra la novedad de la relación entre la susceptibilidad magnética y los contenidos de metales pesados en sedimentos superficiales de ríos en ambiente volcánico y tropical.

GGA-11 CARTEL

REPOSITORIO DE FALLAS GEOLÓGICAS DEL VALLE DE MEXICALI EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Gallegos Castillo Cristian Alejandro, González Escobar Mario, Reyes Martínez Carlos Simón, Aladro Chio Young Ho, Mastache Román Edgar Agustín, Arregui Ojeda Sergio Manuel y Mendoza Borunda Ramón
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
 cgallegos@cicese.edu.mx

El Valle de Mexicali se encuentra situada en el límite de placas tectónicas Pacífico y Norteamericana en el noroeste de México, por lo tanto, al ubicarse en una zona con alta actividad sísmica originada por el movimiento relativo de placas, se convierte en un lugar de estudio para analizar la tectónica regional y local con fines científicos, geotérmicos y de riesgo sísmico. Debido a este interés, se tomó la iniciativa de realizar un repositorio sistemático de fallas geológicas en la región dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG), a partir de la interpretación de la base de datos de sísmica de reflexión 2D, propiedad de la Comisión Nacional de Información de Hidrocarburos (CNIH). Las fallas interpretadas en los perfiles sísmicos, realizadas en software con visualización 3D, se cartografiaron en SIG a partir de la siguiente metodología: Exportación de la información geoespacial de las fallas, aplicación de herramientas geoespaciales para la cartografía de las fallas, suavizado de los trazos y asignación de la información atributiva de cada falla (nombre de la falla, geometría, desplazamiento, extensión, azimut, localización geográfica, entorno geológico, sísmicidad registrada y referencias); pretendiéndose que en un futuro puedan ser consultadas de manera gratuita vía web para los distintos fines del usuario.

GGA-12 CARTEL

GEOFÍSICA AMBIENTAL: EXPLORACIÓN, RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y GEOFÍSICO, ADQUISICIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA ENCONTRAR EVIDENCIAS DE LOS CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES

Rufino Contreras Iván Ariel, Terán Guerrero Tair Dolores, Morales Hernández Irving, Saucedo Maldonado Maximiliano, González Cuevas Nadia Linneth y Calderon Romero Mitzi Leilani
Geofísica Ambiental Servicios
 ivanarielrc@gmail.com

En el marco del proyecto 316204, "Evaluación de los impactos socioambientales del uso del glifosato en las cuencas de Pátzcuaro y Chapala", se llevaron a cabo trabajos de exploración de campo, enfocados a la obtención de información cuantitativa que nos permitiera establecer asociaciones entre diferentes dominios geoespaciales y probablemente sociales. Dichos trabajos comprendieron dos enfoques, uno geológico y otro geofísico; dentro de la componente geológica, los trabajos se enfocaron en realizar la georreferenciación de los principales elementos geológicos estructurales visibles e inmediatamente colindantes con las áreas de medición, así como la descripción cualitativa de los suelos bajo los cuales se realizaron los reconocimientos. Dentro del enfoque geofísico se adquirieron 42 tomografías eléctricas resistivas de diferentes arreglos dipolares o geometrías, que tuvieron como finalidad, el establecimiento de la continuidad (o discontinuidad) de los dominios geológicos superficiales y su conexión con los dominios hidrogeológicos que presumiblemente estaríamos midiendo, presumiblemente porque al no existir una componente hidrogeológica formal (modelado de acuíferos) no es posible asegurar la geometría del mismo, sin embargo se parte del supuesto, de que estos dominios son ampliamente reconocibles en las áreas estudiadas, teniendo como muestra la cercanía de norias y arroyos o en el caso concreto de los lagos, la certeza de que las zonas húmedas o permeables identificadas en los datos, pertenecen al sistema hídrico del que son parte los mismos lagos. La finalidad última de ambas componentes fue la integración en un sistema de información que nos permitiera no sólo visualizar las zonas donde se llevaron a cabo los trabajos, sino también, o principalmente, poder incorporar la información multiespectral (proceso de imágenes de satélite) que nos serviría de base para el establecimiento de las asociaciones mencionadas anteriormente.

GGA-13 CARTEL

FRACCIONAMIENTO ELEMENTAL EN RESIDUOS MINEROS: EXPLORANDO LA TRAZABILIDAD ISOTÓPICA Y SU SIGNIFICADO AMBIENTAL

Serrano Bojorquez Narda Hayram¹, Del Río Salas Rafael Eduardo², Moreno Rodríguez Verónica³ y Loredó Portales René²
¹Universidad de Sonora, UNISON
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
³Universidad Estatal de Sonora, UES
 nardahsb@gmail.com

Narda Serrano-Bojorquez, Rafael Del Río-Salas, Verónica Moreno-Rodríguez, René Loredó-Portales La minería constituye un pilar fundamental en el progreso económico e industrial de la sociedad desde nivel local a global, en ocasiones, impactando al medio ambiente. San Felipe de Jesús, en Sonora, es un caso que genera inquietudes ambientales debido a jales mineros generados por minería a pequeña escala. Los residuos se caracterizan por altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT), como As, Cd, Cu, Pb, Sn y Zn. Los

EPT se encuentran comúnmente asociados a sulfuros, sulfatos y óxidos. Uno de los principales desafíos en el estudio de los residuos mineros es entender cómo los EPT son liberados, movilizables y fraccionados, desde la fuente a destino ambiental. El depósito de jales se caracteriza por tener una fase grisácea (zona interna) y otra rojiza (zona externa). Ambas zonas se caracterizan por desarrollar sales eflorescentes (SE) altamente solubles. Se recolectaron muestras a 3 y 1 cm de profundidad en los jales, y en la parte superficial, para determinar el fraccionamiento elemental desde interior a las SE. Una muestra representativa de SE sobre jales grisáceos presentaron concentraciones de Cd (686ppm), As (4187ppm), Pb (21437ppm), Zn (522715ppm) y Mn (3.2%), mientras que las SE sobre jales rojizos presentaron Cd (284ppm), As (7219ppm), Pb (5741ppm), Zn (395414ppm) y Mn (5.8%). Los resultados indican un enriquecimiento desde el interior hacia las SE en Cd, Mn y Zn, mientras que se observa una disminución en As y Pb. Con difracción de rayos X se identificó la presencia de hidróxidos y sulfatos en ambas fases, denotando un largo período de exposición al medio ambiente. La distinción mineralógica principal radica en la presencia de sulfuros en material grisáceo y su ausencia en el rojizo. Los sulfatos metálicos en SE (gunningita>boyleita>starkeyita>plumbojarosita>coquimbite) indican procesos de evaporación, saturación y migración de fluidos ácidos por capilaridad. La amplia gama de SE identificadas (con diversos metales y niveles de hidratación) destaca la sensibilidad de ligeras variaciones físico-químicas, que pueden tener un impacto directo en la complejidad de la evaluación de impacto ambiental, ya que estos minerales actúan como depósitos temporales de EPT. Finalmente, datos de isótopos de Pb indican que las SE de ambas fases generan firma diferente, por un lado indicando Pb antropogénico, y por otro Pb geogénico. Los hallazgos en la fraccionación elemental sugieren posibles alternativas de sistemáticas de isótopos estables (Zn, Cd) que pueden servir como trazadores en este tipo de problemática ambiental.

GGA-14 CARTEL

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO DE VALLE DE AGUASCALIENTES POR AGUAS RESIDUALES SUPERFICIALES

Hernández Martín¹ y Reyes Isai Gerardo²
¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA
²Universidad Panamericana campus Aguascalientes
 mhernandez@correo.uaa.mx

En este trabajo se aplicaron varias metodologías para definir el potencial de contaminación del acuífero del valle de Aguascalientes, y se determinó que el potencial es alto, sin embargo aún no se registra la presencia de sustancias contaminantes en el agua subterránea, agregadas principalmente en el flujo del río San Pedro, el cual es la principal corriente hidrológica superficial del valle. El método de Resistividad Eléctrica Vertical, aplicado en ciertos puntos del río en los que se ha registrado retención superficial de agua, sugiere que ya hay un contacto hidráulico entre el agua superficial del río y el acuífero, aunque, dichos contaminantes aún no se observan en pozos aledaños, debido probablemente a la acción del suelo que actúa como un sistema paliativo de contaminación, reteniendo algunas sustancias contaminantes, lo que resulta que hasta el momento el agua extraída de los pozos aún no registren dichos contaminantes del agua extraída del acuífero. Para corroborar lo anterior se realizó un ejercicio sustrayendo muestra subsuperficial de suelo de las zonas aledañas al río San Pedro en las que se acumula el agua. El suelo recuperado se colocó sobre un sistema tipo filtro de agua, se le agregó agua contaminada del río, se seleccionaron las sustancias a analizar del agua antes de agregarla al dispositivo y después de pasar por el filtro con suelo de la zona de estudio. La sustancia contenida en el agua se redujo al pasar por el filtro, lo que corrobora la suposición de que el suelo actúa como retenedor de algunos contaminantes, aunque se necesitan más estudios para determinar hasta qué punto, en espacio y tiempo el suelo puede seguir reteniendo contaminantes del agua superficial.

Sesión regular

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO

Organizadores

Alejandro Rodríguez Trejo
 Fredy Rubén Cejudo Ruiz
 Miguel Angel Cervantes Solano

GEOPAL-1

AMS DEL GRANITOIDE CRETÁCICO DE LA REGIÓN DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO: RESULTADOS PRELIMINARES

Bracamontes Soto Angel Bulmaro¹, Velderrain Rojas Luis Alonso¹, Vidal Solano Jesús Roberto¹ y Alva Valdivia Luis Manuel²

¹Universidad de Sonora, UNISON

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

En la región de Hermosillo, en la zona central de Sonora, México, al este del límite de placas Pacífico-Norteamérica, se expone un intrusivo granitoide de edad Cretácica (Mora-Alvarez y McDowell, 2000), el cual es la unidad rocosa de mayor exposición en el área. Este cuerpo está expuesto por más de 60 km, en cuerpos alargados con una orientación NW-SE. Petrográficamente es de grano medio a grueso, compuesto principalmente por cuarzo y feldespato potásico. Debido a que las rocas intrusivas pueden guardar evidencia de la deformación de la corteza relacionada con su emplazamiento, estas rocas son claves para la configuración geodinámica al momento del magmatismo, ascenso y emplazamiento (Vigneresse, 1995). Bajo este contexto, se realizó un muestreo de 19 sitios distribuidos en distintos afloramientos de este cuerpo rocoso para estudios de Anisotropía de Susceptibilidad Magnética. Los resultados obtenidos buscan entender los mecanismos de emplazamiento y deformación de este granitoide y su relación con la evolución tectónica de la región. Palabras clave: Hermosillo, Sonora; Anisotropía de susceptibilidad magnética; Rocas intrusivas

GEOPAL-2

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE VULCANISMO INTRAPLACA DEL CAMPO VOLCÁNICO PUERTO PALOMAS, CHIHUAHUA

León Figueroa Leonardo de Santiago¹ y Alva Valdivia Luis Manuel²

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

²Instituto de Geofísica, UNAM

leoleonfiguer@gmail.com

En este estudio se presenta la caracterización del magnetismo de rocas del vulcanismo intraplaca del Plioceno-Cuaternario del campo volcánico Puerto Palomas, al norte de Chihuahua, México. Las muestras se componen de dos campañas: (1) una primera campaña con 106 muestras de 12 sitios; y (2) la segunda campaña de 82 muestras de 8 sitios. Las mediciones de propiedades magnéticas en rocas volcánicas de composición intermedia a máfica (i.e., andesitas, traquitas y basaltos) consistió en el análisis de dependencia del campo magnético: ciclo de histéresis (diagramas de Day y Néel), curvas adquisición de magnetización remanente isotermal (IRM) y análisis de UnMix, y FORC (First-Order Reversal Curves). Paralelamente, se hicieron mediciones de la susceptibilidad magnética dependiente de la temperatura. Por último, se realizaron superficies pulidas con el fin de caracterizar, a través de observaciones microscópicas realizadas bajo luz reflejada, los minerales de óxidos de Fe-Ti con base en un análisis mineralógico. Los resultados de las propiedades magnéticas en las rocas volcánicas de Puerto Palomas sugieren que el contenido de minerales magnéticos es correspondiente a titanomagnetitas ricas y pobres en Ti, con ligeras diferencias entre los sitios de muestreo, flujo y litología. Asimismo, los ciclos de histéresis muestran un aporte de minerales con una baja coercitividad, principalmente, y los diagramas de Day y Néel sugieren un dominio magnético sencillo (SD), preferentemente, que concuerdan con los resultados observados en los diagramas de FORC. Las curvas de distribución de coercitividad de UnMix reflejan una componente principal de baja coercitividad, y en algunos casos dos componentes de baja coercitividad mezclada. Los resultados obtenidos en el campo volcánico de Puerto Palomas nos permiten observar relaciones de la mineralogía magnética, la litología y edad con otros campos volcánicos intraplaca en la región del norte de México y sur de EE. UU., lo que sugiere un origen similar entre estos, como el régimen extensional propuesto previamente, como un mecanismo generador de magmatismo intraplaca en esta región de Norteamérica.

GEOPAL-3

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DE LAS ISLAS MARIAS

Böhnel Harald¹, Schaaf Peter², Hernández Teodoro² y Solís Gabriela³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

hboehnel@geociencias.unam.mx

Las Islas Marias se caracterizan por rocas de edades cercanas a los 80 Ma, similares a las del Bloque Los Cabos y el batolito de Puerto Vallarta. Esto con la excepción de la Isla María Magdalena, con edades mucho más recientes de 6-8 Ma. Se obtuvieron muestras paleomagnéticas de un total de 34 sitios de las diferentes litologías dispuestas en las 4 islas (San Juanito, María Madre, María Magdalena y María Cleofas): intrusivas, volcánicas y sedimentarias. De la gran mayoría se pudieron recuperar direcciones y VGP medios. Sin embargo, una parte de los sitios presenta VGPs dispersos y de baja latitud, < 50°, probablemente porque la roca ha sido movida después de su enfriamiento. En el presente trabajo se comparan los resultados obtenidos con los datos de Los Cabos y Puerto Vallarta, para inferir posibles movimientos tectónicos aparentes y relativos.

GEOPAL-4

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TRES VÍRGENES DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

Sebastián Reyes José Daniel¹, García Ruiz Rafael², Ramón Avellán Denis², Cardona Ramírez Dagoberto¹, Cejudo Rubén², Gogichaishvili Avto² y Morales Contreras Juan Julio²

¹Facultad de Ciencias Físico-matemáticas, UMSNH, Morelia Michoacán

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

jdannys18@gmail.com

El Complejo Volcánico Tres Vírgenes (CVTV) se ubica ~36km al suroeste de Santa Rosalía en el Estado de Baja California Sur, está compuesto por tres volcanes alineados del noroeste al suroeste: "El Viejo" al noroeste, "El Azufre" en medio y "La Virgen" al suroeste, es una estructura del cuaternario que ha sido de gran interés para los estudios del CMT debido a los estudios geológicos previos que han reportado edades confiables. En el presente trabajo se presentan resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizados a 13 flujos de lavas independientes localizados en la zona del CVTV. Todos los flujos cuentan con dataciones radiométricas disponibles con un rango de edad que van desde los 22 mil años a 1.17 millones de años, lo que los sitúa dentro de los cronos Brunhes y Matuyama. Dentro del presente estudio se realizaron desmagnetizaciones por campos alternos para determinar las direcciones medias de los flujos de interés y poder realizar un estudio del campo promedio de la zona, comparando los resultados con direcciones medias de la Faja Volcánica Transmexicana, así como con direcciones esperadas del campo global para la misma temporalidad, así como determinar el Polo Virtual Geomagnético, siendo este el primer estudio paleomagnético de la zona en cuestión. Palabras claves: Tres Vírgenes, paleomagnético, campos alternos.

GEOPAL-5

PALEOMAGNETISMO EN LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO DE LOS CONOS CINERÍTICOS ZOTOLUCA, SAN ANTONIO Y SAN JOSÉ COLIUCA, CAMPO VOLCÁNICO APAN-TECOCOMULCO, HIDALGO, MÉXICO

González Rangel José Antonio¹, Alva Valdivia Luis Manuel¹,
Bernabé Acevedo Gabriela Itzel² y Rodríguez Trejo Alejandro³

¹UNAM, Instituto de Geofísica
²Universidad de las Américas, Puebla
³Centro de Geociencias, UNAM
antonio@geofisica.unam.mx

El Campo Volcánico Apan-Tecocomulco (CVAT) se encuentra ubicado en el sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana donde se identificaron 27 conos de escoria de composición basáltica a andesita-basáltica, algunos de los cuales coronan a volcanes escudo, y las unidades se presentan en capas de escoria de caída, escorias del tamaño de lapilli de color rojizo oscuro y ceniza gruesa, que de acuerdo con edades disponibles en la literatura y a fechamientos K-Ar, se formaron en un periodo inferior a 2 Ma, (Cono San José-Coliuca 0.188±0.006 Ma; Cono San Antonio 0.367±0.020 Ma, y Cono Zotoluca 2.0± 0.6 Ma; García-Tovar et al., 2015). Estas 3 estructuras volcánicas plio-cuaternarias que representan el área de interés, se encuentran alineadas siguiendo una dirección NE-SW, similar a las fallas regionales, que se observan en el CVAT. Se colectaron 62 núcleos orientados muestreados de bombas y bloques de roca volcánica en tamaños de 10 a 15 cm, embebidos en el material piroclástico expuesto en los alrededores de las 3 estructuras volcánicas estudiadas. Se muestran estimaciones cuantitativas del rango de temperaturas de emplazamiento en estas facies volcánicas basadas en la magnetización termoremanente secundaria adquirida por bloques volcánicos. Los resultados de las curvas de susceptibilidad magnética vs. alta temperatura (k-T), los ciclos de histéresis y la saturación de la magnetización remanente isotermal, 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 (titano)maghemita. Asimismo, se desmagnetizaron todos los especímenes utilizando el tratamiento térmico con intervalos de temperatura cortos (cada 20 °C) para identificar con mayor precisión la temperatura de emplazamiento, la desmagnetización por campos magnéticos alternos se utilizó para determinar más rápidamente la componente secundaria esperada. La dirección media de esta temperatura podría ser utilizada para determinar la temporalidad en que sucedió dicho evento volcánico, al ser datada por el método paleomagnético y la curva de variación paleosecular de la región.

GEOPAL-6

CURVA DE DERIVA POLAR APARENTE (APWP) DE CENTROAMÉRICA DESDE EL CRETÁCICO TEMPRANO: EVOLUCIÓN TECTÓNICA, CINEMÁTICA Y PALEOGEOGRÁFICA

García Amador Bernardo Ignacio y Alva Valdivia Luis Manuel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
bernardoiga@gmail.com

En este trabajo se presenta la construcción, evaluación y comparación de la Curva de Deriva Polar Aparente (APWP, por sus siglas en inglés) de Centroamérica (CAM) con base en la revisión de ca. 333 sitios paleomagnéticos previamente reportados en Nicaragua, Honduras, El Salvador, y Guatemala; que, en conjunto con ca. 95 nuevos sitios reportados de las tierras altas y la planicie costera de Nicaragua permiten desarrollar una APWP cuasi-continua desde el Cretácico Temprano al Cuaternario. La APWP de CAM ha sido construida considerando las correcciones necesarias debido a la historia tectónica de colisión/ensamble de los diversos fragmentos oceánico desde el Cretácico Temprano, así como la deformación intraplaca imperada por los sistemas de fallas principales de esta región. Además, la APWP es comparada y evaluada con respecto a ca. 213 sitios paleomagnéticos en Costa Rica y Panamá, que constituyen parte de la evolución tectónica de la placa del Caribe y sur de CAM desde el Jurásico Medio. El proceso de construcción y evaluación de la APWP de CAM considera la corrección por inclinación de las sucesiones sedimentarias, así como el periodo más reciente (~110–100 Ma) de la deriva polar verdadera (TPW, por sus siglas en inglés). Asimismo, nuestros resultados permiten realizar el ejercicio de corrección de los polos paleomagnéticos con base en el marco de referencia del sur de África desde el rompimiento de Pangea. Lo anterior, nos permite desarrollar un modelo cinemático de CAM con base en polos de rotación finita y que, contextualizados en la evolución tectónica de Norteamérica, el Caribe y Sudamérica, resultan en un nuevo modelo paleogeográfico robusto desde el Cretácico Temprano que puede ser comparado, en el espacio y el tiempo, con el registro geológico y geofísico de toda la región.

GEOPAL-8

APORTES A LA CRONOLOGÍA ABSOLUTA DE LA QUEMADA, ZACATECAS – ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO INTEGRAL DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN

Sánchez Ruiz Andrea¹, Gogichaishvili Avto², Torreblanca Carlos³, Cejudo Rubén³, Cervantes Miguel¹ y Morales Juan²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM Campus Morelia
²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM
³Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH
andrea032390@gmail.com

El sitio arqueológico de La Quemada ubicado en el municipio de Villanueva, Zacatecas, fue uno de los asentamientos más importantes de la frontera norte de Mesoamérica, descrito como un centro ceremonial, se caracteriza por sus plazas, terrazas, pirámides y canchas de Juego de Pelota, e incluso se llegó a asociar con Chicomóztoc lugar donde los Mexicas pasaron durante su viaje al Anáhuac. A partir de los estudios realizados, se ha llegado a determinar su secuencia ocupacional agrupada en tres fases: Malpaso (400-600/650 AD), La Quemada (600/650-850 AD) y Ciudadela (850-1000 AD) periodo en el que se registra un gran incendio como parte de un proceso de abandono. En este trabajo se realizó un nuevo estudio arqueomagnético en muestras de seis estructuras quemadas provenientes de La Ciudadela (LQ10, LQ11, LQ12 y LQ13) y de la Plaza de los Sacrificios (LQ14 y LQ15) con la finalidad de contribuir a la cronología absoluta de La Quemada. Se llevaron a cabo experimentos de magnetismo en rocas, los cuales indican que los minerales magnéticos presentes en las muestras analizadas corresponden a titanomagnetitas con bajo contenido en titanio, además de presentar alta estabilidad térmica y magnética, por lo cual la señal magnética en ellas es de carácter primario y adquirida durante su último calentamiento. La desmagnetización por campos alternos junto con un análisis estadístico permitió obtener direcciones arqueomagnéticas para cinco de las estructuras, estas fueron comparadas con las curvas de variación paleosecular globales y locales permitiendo obtener cinco nuevos intervalos de edad que se ubican dentro de las fases ocupacionales de Malpaso e inicios de la fase La Quemada: LQ10 [703-820 AD], LQ11[735-894 AD], LQ12[693-892 AD], LQ13[719-815 AD] y LQ14[686-856 AD].

GEOPAL-9

MAGNETISMO HISTÓRICO: DOS SIGLOS DE DECLINACIÓN MAGNÉTICA REGISTRADA EN DOCUMENTOS HISTÓRICOS EN MÉXICO

Rodríguez Trejo Alejandro, Böhnell Harald y Ibarra Ortega Héctor Enrique
Centro de Geociencias, UNAM
alexrt@geociencias.unam.mx

El conocimiento de la existencia del campo magnético terrestre (CMT) se remonta a diferentes culturas antiguas. Durante el siglo IV en China, se utilizó una brújula simple para orientarse con un artefacto de magnetita apuntando constantemente hacia el sur. Incluso, existe una hipótesis que propone que la civilización Olmeca en el México antiguo, sobre el año 2000 a.C., tuvo conocimiento de la presencia del CMT según diferentes artefactos encontrados en la región, sin embargo, esto no ha sido comprobado. Con la existencia de la brújula como instrumento de orientación, la navegación y la exploración se incrementaron en todo el mundo. Con esta expansión, se implementó el uso de la brújula en la elaboración de varios mapas, ya sea para navegación, construcción o delimitación de territorio. Esa implementación, deja un patrimonio histórico de documentos que registraron directa e indirectamente la declinación magnética a lo largo de los siglos. El uso de registros históricos para describir el comportamiento secular de CMT fue descrito por diferentes autores. Como Jackson et al (2000), que utilizó observaciones históricas directas durante los últimos 4 siglos en todo el mundo. Yilmaz et al (2010) recopiló datos de declinación, geo referenciando y reubicando mapas históricos con el norte magnético dibujado en él, y luego comparando la declinación con diferentes modelos de variación paleosecular. En este trabajo presentamos un modelo de variación secular de Declinación del campo magnético terrestre durante los últimos 2 siglos, registrado en documentos históricos de diferentes fuentes como: mapas, observatorios geomagnéticos, cartas de navegación, datos paleomagnéticos y arqueomagnéticos, entre otros. La recopilación de los datos proviene de alrededor de 600 mapas disponibles de México y áreas aledañas, y datos históricos disponibles del Observatorio Magnético de Teoloyucan (UNAM-México). Se logró la recuperación de Declinación de cuatro fuentes diferentes: Registrada directamente del mapa, midiendo el ángulo trazado, geo refenciando y reubicando, y datos históricos de observaciones directas. Los datos recopilados se utilizaron para desarrollar un modelo regional de alta resolución para la declinación durante los últimos dos siglos. Con este tipo de modelo se podrían fechar varios documentos que incluyan un registro magnético sin fecha exacta, así como de artefactos arqueológicos de esa época y algunas erupciones volcánicas recientes.

GEOPAL-10

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN SECULAR DEL VECTOR COMPLETO DEL CAMPO MAGNÉTICO DE MÉXICO, EN LOS ÚLTIMOS 250 AÑOS

Guillén Arandía Germán, García Ruiz Rafael, Cervantes Solano Miguel Angel, Gogichaishvili Avto y Morales Contreras Juan Julio

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

german_arandia@comunidad.unam.mx

El estudio de la variación secular del campo geomagnético es de gran importancia en la geofísica, ya que brinda una perspectiva desde la cual se pueden comprender los mecanismos involucrados en la generación del campo magnético de la Tierra, así como determinar sus cambios más importantes analizando su variación secular, además de brindar una importante herramienta de datación de artefactos arqueológicos quemados y flujos geológicos recientes. México particularmente cuenta con un gran acervo geológico y arqueológico, producto de su alta actividad volcánica y del contexto histórico de la existencia de diversas culturas prehispánicas, lo cual permite un estudio temporal para los últimos milenios, viéndose reflejado en una mejor comprensión de la variación del campo magnético de la Tierra y en la construcción de Curvas de Variación Paleosecular (CVPS). Aunque actualmente se cuenta con varias CVPS para México, ha sido complicado desarrollar una curva del vector completo en una misma temporalidad. Debido a esto el presente estudio se enfoca en la construcción de una curva del vector completo para los últimos 250 años, construida a través de la elaboración de una base de datos de buena calidad compuesta de valores históricos, estaciones de repetición de México, del Observatorio Magnético de Teoloyucan y de información arqueomagnética de la base de datos GEOMAGIA50.v3. Posteriormente en la elaboración de la curva se utilizó el método de "Bootstrap" para así mitigar los valores atípicos y de esta forma interpolar mediante P-Splines. Finalmente se obtuvo una curva para cada componente del CMT en una misma temporalidad, las cuales se pueden comparar con los modelos más recientes como IGRF-13 y reportar los cambios más significativos, así como los posibles jerks.

GEOPAL-11

UN MAGNETÓMETRO DE MUY ALTA SENSIBILIDAD PARA ANÁLISIS PALEOMAGNÉTICOS

Böhnel Harald, Ibarra-Ortega Héctor y Rodríguez-Trejo Alejandro

Centro de Geociencias, UNAM

hboehnel@geociencias.unam.mx

La magnetización de rocas naturales puede variar por muchos órdenes de magnitud, de $<10^{-5}$ A/m a $>10^2$ A/m. Magnetómetros comerciales cubren estos rangos, pero pueden tener un alto costo, particularmente cuando se requiere de la sensibilidad más alta, $<10^{-4}$ A/m. Estos equipos generalmente usan sensores superconductores (SQUID) que tienen que ser enfriados por helio líquido, lo que conlleva frecuentes problemas con el alto vacío del termo (dewar), fugas de helio, etc. Por la guerra de Ucrania se ha aumentado el precio del helio de manera dramática, lo que hace cada vez más deseable encontrar alternativas que no requieren de este gas precioso, y del uso de temperaturas de 4 Kelvin para los sensores. Aquí presentamos un desarrollo basado en un magnetómetro "FIT Messtechnik GmbH" en el cual se sustituyó el sensor original criogénico por varios sensores tipo "fluxgate", y uno del tipo "optical pumping magnetometer" o magnetómetro de bombeo óptico. Este sensor tiene un nivel de ruido <15 fT/√Hz, muy similar a los SQUIDS enfriados por helio, pero funciona a temperatura ambiental, por lo que representa una valiosa alternativa instrumental. En el trabajo presentamos un análisis detallado del funcionamiento de este magnetómetro modificado: niveles de ruido en función del tiempo de integración, rango dinámico de intensidad, y ejemplos de resultados de mediciones reales, incluyendo de estalagmitas con una magnetización remanente muy baja, $<10^{-5}$ A/m (momento magnético: $<10^{-9}$ Am²).

Sesión regular

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA

Organizadores

Claudio Inguaggiato
María del Sol Hernández Bernal

GEOQP-1

CARACTERÍSTICAS ISOTÓPICAS Y GEOQUÍMICAS DE LAS ANORTOSITAS MASIVAS PROTEROZOICAS: IMPLICACIONES PARA LA FUENTE MAGMÁTICA Y AMBIENTE TECTÓNICO DE FORMACIÓN

Elizondo Pacheco Luis Alejandro¹, Solari Luigi¹, González Guzmán René¹, Becerra Torres Eduardo², Ramírez Fernández Juan Alonso³ y Maldonado Villanueva Roberto⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM²Escuela Nacional de Estudios Superiores³Facultad de Ciencias de la Tierra⁴Instituto de Geología, UNAM

luis.aep@geociencias.unam.mx

Los complejos anortositicos proterozoicos de tipo masivo son componentes importantes y enigmáticos de la corteza terrestre a los que se han dedicado décadas de interés e intenso estudio. Estos se encuentran ampliamente distribuidos en todo el mundo, principalmente en regiones cratónicas antiguas, ya sea como macizos individuales o en compañía de mangeritas, charnockitas y granitos (suite AMCG). Aunque existe variabilidad entre complejos, estos también pueden exhibir volúmenes subordinados de troctolita, norita, gabronorita y ferrodiorita. En conjunto, se ha demostrado que dichas litologías son contemporáneas (U-Pb en circón). En general, la fuente magmática y el ambiente tectónico de formación de los macizos anortositicos y suites AMCG han sido temas sumamente debatidos a lo largo de los años. En el primer caso, se tiene una visión polarizada que apoya al manto superior o a la corteza inferior como posibles fuentes. Por otro lado, la disputa del ambiente tectónico ha sido enfocada principalmente en ambientes de extensión post-colisional y en márgenes de tipo Andino. Con el fin de aclarar, en cierta medida, los problemas petrológicos antes mencionados, se creó datAMCG. Este es el repositorio de datos isotópicos (Sr-Nd-Pb-Os-Hf-O) y geoquímicos (mayores y traza) de anortositas de tipo masivo y rocas asociadas más grande del mundo (n=7899). Esta colección ordenada de datos es una herramienta petrológica poderosa que permite comparar las características isotópicas y geoquímicas de cada complejo existente. En este sentido, datAMCG jugará un papel importante en el entendimiento de la petrogénesis de tales complejos en futuros trabajos. De momento, la información reunida en datAMCG nos permite realizar dos interpretaciones sustanciales. La primera de ellas es que las anortositas de tipo masivo y las rocas MCG tienen firmas isotópicas híbridas (manto-corteza). Esta variabilidad isotópica indica que la naturaleza, edad y cantidad de material asimilado fueron factores que modificaron drásticamente la composición original de los magmas parentales. Para el caso de las anortositas y rocas máficas se interpreta una fuente mantélica y subsecuentes procesos de contaminación en la corteza continental. Para las rocas MCG se tiene una fuente cortical dominante. Por otra parte, la aplicación de diagramas tectonomagmáticos basados en elementos mayores y traza sugiere que estas rocas se generaron en un posible ambiente tectónico que transicionaba entre colisión a extensión post-colisional. Esto es importante ya que contradice las interpretaciones más recientes donde se favorece un ambiente de arco continental. Es relevante mencionar que este trabajo representa una visión petrológica global y que es necesario realizar más investigación puntualizada para refinar nuestro entendimiento del problema.

GEOQP-2

EVALUACIÓN DE ISÓTOPOS ESTABLES Y RADIOGENICOS DE ESTRONCIO EN CARBONATOS MARINOS PROTEROZOICOS CON EL MÉTODO DOBLE SPIKE 87SR/84SR

Chacón Olivas Clara Nayeli¹, Weber Bodo¹ y Bekker Andrey²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²University of California, Riverside

cchacon@cicese.edu.mx

El tiempo de residencia del estroncio en el océano es de ~106 años, mientras que el tiempo de mezcla de los océanos es de ~103 años. Estos factores contribuyen a que la composición del estroncio en el océano y las rocas carbonatadas marinas sea homogénea para un momento dado. Desde la década de 1970, se ha estudiado composición isotópica del estroncio radiogénico en el océano (87Sr/86Sr) a lo largo del tiempo geológico. Tradicionalmente la relación isotópica

87Sr/86Sr se normaliza usando la relación 86Sr/88Sr de 0.1194 para corregir el fraccionamiento instrumental, sin embargo, esta normalización ha limitado la obtención de información del fraccionamiento natural de estroncio estable (#88/86Sr). Además, la diferencia de masa entre los isótopos 88Sr y 86Sr es muy pequeña y requiere el uso de métodos de medición de alta precisión para detectar estas variaciones. Krabbenhöft et al. (2010) desarrollaron un método utilizando espectrometría de masas de ionización térmica y un doble spike 87Sr/84Sr de composición isotópica conocida para obtener información de isótopos estables y radiogénicos de estroncio. Mientras que la composición isotópica de estroncio radiogénico en el océano puede variar debido a cambios en la composición isotópica de las diferentes fuentes como intemperismo continental, o actividad volcánica en océanos y continentes; el factor principal que controla la variación en la composición de estroncio estable es el fraccionamiento cinético, que causa la acumulación del isótopo 86Sr en la fase sólida, lo que resulta en el enriquecimiento de #88/86Sr en el océano. Estudios recientes han relacionado este fraccionamiento con procesos como la captación o liberación de carbonatos neríticos, cambios en la tasa de sedimentación, y cambios en la temperatura. Aunque la metodología de Krabbenhöft et al. (2010) ha sido aplicada en carbonatos marinos modernos y en diferentes reservorios de la hidrosfera, biosfera y litosfera, se ha explorado muy poco su aplicación en carbonatos marinos del Proterozoico. En este trabajo, se presentan los resultados de la metodología de doble spike aplicada a rocas carbonatadas marinas del Proterozoico, además de analizar el impacto que diferentes técnicas de digestión y lixiviado comúnmente utilizadas en estratigrafía de isótopos de estroncio, pueda tener sobre el fraccionamiento natural. Palabras clave: Estroncio, carbonatos marinos, isótopos estables, doble spike, Proterozoico.

GEOQP-3

ANÁLISIS GEOQUÍMICO, ISOTÓPICO Y GEOCRONOLÓGICO DE LOS PLUTONES CRETÁICOS DE UN TRANSECTO ESTE-OESTE EN EL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe¹, Delgado Argote Luis Alberto², Weber Bodo², Contreras López Manuel¹, Peña Alonso Tomás Alejandro³, Avilez Serrano Porfirio⁴ y Doris Karina Doris Karina²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS²CICESE³UNAM⁴UAT

xochitl.torres@uas.edu.mx

Los plutones Cretácicos del Cinturón Batolítico peninsular (CBP) en la parte central de la península de Baja California intrusoran dos secuencias de rocas encajonantes distintas. Al oeste una secuencia de rocas volcánicas-volcanoclasticas del arco de islas oceánico Alisitos, y hacia el este litologías principalmente metasedimentarias pre-Mesozoicas. Nosotros analizamos de la zona oeste del CBP el plutón de San Jerónimo (SJe) de ~116 Ma y de la zona este los plutones de Compostela (COM) y San Pedro (SP) de ~97 Ma y ~104 Ma, respectivamente. La composición del plutón de SJe varía de gabros de piroxeno-hornblenda a tonalitas de hornblenda-biotita. Sus rocas son subalcalinas, cálcicas/calco-alcalinas y metaluminosas, similares a los granitos de ambiente de arco; tienen valores de #Ndt de +5.6 y 6.8, indicando una fuente en el manto empobrecido sin asimilación cortical evidente. El plutón SJe muestra patrones de REE subparalelos (LaN/YbN = 0.5–4.4), con progresivos enriquecimientos en las abundancias de REE de las tonalitas, sugiriendo diferenciación por cristalización fraccionada de un solo sistema magmático. Además, muestra valores bajos de Sr/Y (<20) y La/Yb (<10), lo que sugiere una corteza delgada (~20 km) en la zona occidental de este segmento del arco Alisitos. El plutón COM tiene rocas que varían desde tonalitas de biotita a granodioritas de biotita-hornblenda y el plutón de SP está compuesto de granodioritas de biotita-muscovita y granitos de biotita-muscovita. Las rocas de COM y SP son subalcalinas, magnesianas, cálcicas/calco-alcalina y principalmente peraluminosas. Los plutones de la zona este tienen valores de #Ndt desde +4.2 hasta -2.3, indicando fundidos derivados del manto con contribución y asimilación de material cortical. Sus patrones de REE fuertemente fraccionados (LaN/YbN = 8–38.3) son característicos de fundidos o magmas evolucionados con diferenciación dentro de la corteza. Los altos valores de Sr/Y (~90) y La/Yb (~21) sugieren una corteza prebatolítica engrosada (>45 km). Las características de permeación y paralelismo entre las foliaciones metamórficas de las rocas prebatolíticas y las foliaciones magmáticas de los plutones indican un emplazamiento post-deformacional de los

plutones del Cretácico Tardío del sur del CBP. Nuestros datos restringen el evento de deformación antes de ca. 100–105 Ma.

GEOQP-4

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y GEOCRONOLÓGICA DEL INTRUSIVO DE LA SIERRA DE TLAYCA, MORELOS, MÉXICO

Sánchez Gutiérrez Andrea Viviana¹, Hernández Treviño José Teodoro², Schaaf Peter², Solís Pichardo Gabriela³, Arrieta García Gerardo² y Rodríguez Díaz Augusto Antonio²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

andrea.viviana.gtz@gmail.com

En la región centro-oriental del Estado de Morelos se localiza la Sierra de Tlayca que está intrusada por un granitoide de composición cuarzo-monzonita. La importancia de dicho granitoide radica en su cercanía con los domos de la zona de Chalcatzingo, cuyo origen ha sido ampliamente debatido debido a su naturaleza alcalina. En este trabajo, se buscó confirmar o rechazar la hipótesis de que ambos cuerpos estuviesen relacionados, para ello se analizó al intrusivo de Tlayca con Fluorescencia de rayos X e Isotopía de Rb-Sr y Sm-Nd, encontrándose que no tiene la edad de este intrusivo era de 30 Ma. Sin embargo, en vista de que este método ha caído en desuso debido a las incertidumbres tan elevadas asociadas a él, en este trabajo se optó por obtener una nueva edad por el método de U-Pb en zircones individuales, obteniendo una edad de 31.69 Ma. Lo cual, también descarta la relación temporal, puesto que la edad de la suite Chalcatzingo es de 20.7 Ma. Finalmente, con los datos obtenidos de la isotopía de Sm-Nd, se determinó que la edad modelo del intrusivo es de 869 Ma correspondiente al Período Toniano, lo cual puede ser indicio de que el basamento de la zona de estudio es sumamente antiguo; concluyendo así que la zona de estudio sí está enmarcada dentro de terreno tectonoestratigráfico Mixteca.

GEOQP-5

PROCEDENCIA DE SEDIMENTOS DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC, OAXACA

Ramos Vázquez Mayla Alhelí y Verma Sanjeet Kumar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
mayla.ramos@ipicyt.edu.mx

La costa de Oaxaca es un ecosistema con gran diversidad de especies marinas que tienen influencia de la zona continental y oceánica, comprende tres terrenos tectonoestratigráficos que son: Mixteco, Oaxaqueño (Zapoteco) y Maya. Los sedimentos en esta zona son abastecidos por sistemas fluviales, corrientes litorales y la acción del viento. Por ello esta área es de gran importancia, además contribuye al sector económico para la región y el país debido a las actividades turísticas desarrolladas. Se realizaron estudios de microtexturas a partir de la morfología en circones examinados mediante SEM, que revelaron granos redondeados con diámetros de 30–50 nm y las microtexturas principales fueron partículas adheridas, crestas serpenteadas, hoyos de disolución y abrasión fatiga que indican un origen mecánico, químico y mecánico/químico, respectivamente. Asimismo, se estudiaron las edades U-Pb en 165 circones detríticos observándose poblaciones de edades predominantes. La principal corresponde al Proterozoico con un intervalo que va desde # 657.1 a 2549.4 Ma, las poblaciones restantes en menor proporción son del Cenozoico (13.6 a 30.6 Ma) y Paleozoico (255.3 a 520.5 Ma). Los patrones de tierras raras normalizados con Condrita indicaron ligeras diferencias para las distintas poblaciones, de manera general hay enriquecimiento de tierras raras pesadas (HREE) con anomalía positiva de Cerio y negativa para Europio (Eu/Eu*) esto sugiere influencia de rocas félsicas. Con estos resultados, los sedimentos estudiados derivan de fuentes cercanas y su transporte es fluvial y a través de los vientos predominantes ("Tehuano", dirección al Golfo de Tehuantepec). Las principales áreas fuente son Complejo Macizo de Chiapas, Terreno Cuiccateo y el Terreno Chuacús.

GEOQP-6

GEOCHEMISTRY AND MINERALOGY OF BEACH SEDIMENTS FROM TAMAULIPAS, MEXICO: IMPLICATION FOR PROVENANCE

Shukla Mayank¹, Verma Sanjeet K.¹, Ramos-Vázquez Mayla A.¹, Armstrong-Altrin John S.² y Mishra Sumit³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

mayank.shukla@ipicyt.edu.mx

The La Pesca (LP) and Tesoro Altamira (TA) beaches are located in Tamaulipas state, NW Gulf of Mexico. Sediments in the coastal plains in the NW Gulf of Mexico consist of Mesozoic sedimentary and Cenozoic volcanic rocks which belong to Sierra Madre Oriental Province. The beach sediments from LP and TA were analyzed to

determine their mineralogical and geochemical composition. The aim of this study is to investigate weathering history, provenance, and discrimination of tectonic settings for beach sediments. Quartz is the dominant mineral (> 90%) in LP and TA beach sediments, with minor amounts of plagioclase, calcite, orthoclase, microcline, and zircon as accessory minerals. Both beach sediments are classified as fine-grained, very well-sorted, fine to coarse skewed and leptokurtic to very leptokurtic. The chemical index of weathering (CIW) reveals intense weathering in the source region and SiO₂/Al₂O₃ ratios (>6) indicate high degree of compositional maturity for LP and TA beach sediments. The average Index of Compositional Variability (ICV) which is > 1 for both beach sediments reflects the dominance of detrital minerals such as feldspars and pyroxenes (ICV = ~1.75 and ~1.49, for LP and TA, respectively). The major element-based discrimination diagrams and La/Sc, La/Co, Th/Sc, and Cr/Th ratios indicate sedimentary to felsic provenance, for LP and TA sediments. The major and trace element geochemical data suggest a passive margin setting.

GEOQP-7

ORIGEN TECTÓNICO Y COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LA SIERRA DE HUIMANGUILLO: EVIDENCIAS DE SUBDUCCIÓN Y PROCESOS GEOLÓGICOS EN EL SUR DE TABASCO, MÉXICO

Guzmán-de la Cruz Miguel Ángel¹, Jiménez-Vázquez Adriana Guadalupe² y Torres-Sánchez Sonia Alejandra³

¹Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología Aplicada de Tabasco – Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)

²División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

miguel.guzman@ujat.mx

La Sierra de Tabasco constituye un conjunto montañoso cuyas alturas no superan los 1,000 metros sobre el nivel del mar (M.S.N.M). Esta cadena se encuentra situada al sur del estado de Tabasco, México, y cruza los municipios de Huimanguillo, Teapa, Tacotalpa y Macuspana. Estas montañas representan las últimas prolongaciones de la Sierra Madre de Chiapas antes de adentrarse en la llanura tabasqueña. A pesar de la limitada información disponible sobre esta región, presenta similitudes estructurales con el Macizo de Chiapas. El enfoque del presente estudio está en la Sierra de Huimanguillo (SHui), donde se han recopilado doce muestras a través de campañas de muestreo. Estas se han sometido para realizarles análisis mineralógicos por difracción de rayos X (DRX), petrográficos y de origen tectónico con el objetivo de esclarecer las etapas juveniles de formación de esta zona. Los resultados preliminares indican que la mayoría de las muestras son de origen sedimentario, siendo el mineral predominante el cuarzo (Qz), que supera el 80% de composición, presentando diversas fases polimórficas (cuarzo-#, tridimita) y transiciones feldespáticas y líticas. Desde una perspectiva petrográfica, las muestras exhiben granos con tamaños que varían entre fino y grueso, con una pobre selección, evidenciando un alto contenido de cuarzos monocristalinos y policristalinos, feldespatos, plagioclasas, biotitas, micas, minerales opacos y líticos. Se aprecia una gama de esfericidad y redondez que va desde alta hasta baja, con contactos tangenciales y saturados. Los análisis mineralógicos de las muestras y los estudios mencionados previamente indican de manera concluyente que la fuente tectónica de los sedimentos proviene de un proceso de orogénesis reciclada. Esta condición está relacionada con la Subducción Cocos-Norteamericana, la cual condujo al levantamiento de la SHui y a diversos eventos tectónicos en la región. Adicionalmente, se destaca que las transgresiones y regresiones marinas derivadas de la apertura del Golfo de México, informadas por varios autores, también jugaron un papel significativo en la génesis de la SHui. Se resalta que estos factores, combinados con otros elementos, dieron origen a una mezcla variada de minerales, lo cual requiere análisis más detallados mediante enfoques geoquímicos y procesamiento de datos geofísicos para una integración disciplinaria más completa.

GEOQP-8

EVOLUCIÓN DE LOS FLUIDOS MINERALIZANTES EN EL DEPÓSITO EPITERMAL DE ALTA SULFURACIÓN DE CABALLO BLANCO, VERACRUZ

González García Hugo Alejandro¹, Camprubí Antoni¹ y González Partida Eduardo²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

piroflow@hotmail.com

Las mineralizaciones del depósito epitermal de alta sulfuración de Caballo Blanco (Palma Sola, Ver.), están relacionadas a un sistema de pórfido de Cu-Au, y se caracterizan por múltiples etapas incluyendo, dos etapas de hidrotermalismo tardío que muestran fluidos someros de sulfuración intermedia (SI) y fluidos hipogénicos de alta sulfuración (AS). Las mineralizaciones estudiadas son: (1) Vetas de cuarzo bandeado transicionales encajonadas en los stocks porfídicos de la zona mineralizada "Central Grid" al SW de la zona mineralizada, que contienen magnetita, calcopirita, molibdenita y metales preciosos (Au-Ag); (2) Vetas de cuarzo bandeado y crustiformes de la zona del Ojital en la Zona Mineralizada Norte (ZMN) de Caballo Blanco con calcopirita, esfalerita, galena, argentita, acantita, y contenidos apreciables de Au; (3) Cuarzo vuggy y brechas de AS cementadas por hematita-goethita en la ZMN (Cerro La Paila), con contenidos económicos de Au-Ag. La microtermometría de inclusiones fluidas de cada zona arroja los siguientes

resultados: (1) las vetas transicionales de cuarzo de stockwork de pórfido, muestran salinidades de 6.24 a 29.04 wt% NaCl equiv. y Th de 205 a 599 °C. con presencia de clatratos de CO₂; (2) vetas epitermales de cuarzo presentan salinidades de entre 9.07 a 26.15 wt% NaCl equiv., y Th entre 316.3 y 499.8 °C; (3) el depósito epitermal de AS presenta dos rangos distintos de datos: a) en vetillas de cuarzo en zonas de silicificación y cuarzo vuggy salinidades calculadas entre 4.8 a 8.3 wt% NaCl equiv. y Th entre 219° y 243°C. b) en vetas de anhidrita con salinidades entre 10.7 a 0.3 wt% NaCl equiv., y Th de 112 a 198 °C. Con los datos de microtermometría se obtuvo un diagrama de salinidad (wt% de NaCl equiv.) vs. Th que muestra la evolución de los fluidos mineralizantes a través de procesos como enfriamiento conductivo con la roca circundante, dilución y mezcla adiabática somera a los ~400° C. las etapas más tardías muestran enfriamiento y dilución a los 120° C y salinidades de ~1%. Las alteraciones hidrotermales identificadas a través de asociaciones minerales conformadas por los minerales estudiados mediante microtermometría son: a) alteración potásica, consiste principalmente en biotita y ortoclasa, incluyendo sulfuros de cobre y magnetita diseminados, la biotita se encuentra comúnmente cloritizada, b) la asociación propilitica consiste en clorita, calcita y sericita con piritita diseminada y vetillas de cuarzo, esta alteración es generalizada en toda la zona mineralizada, c) alteración filica, representada por la asociación cuarzo, sericita, piritita incluyendo rutilo anhidrita, e illita-esmectita, d) alteración argílica moderada, caracterizada principalmente por la presencia de caolín, illita, cuarzo y piritita, e) alteración argílica avanzada, con presencia de la asociación cuarzo-alunita y una masa de sílice oquerosa (cuarzo vuggy), piritita, y hematita.

GEOQP-9

DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS SYN Y POST-DEPOSITACIONALES EN IGNI-MBRITAS; PERSPECTIVAS DEL CONTENIDO DE HIDROXIL ESTRUCTURAL EN CUARZO Y FELDESPATO DE LA IGNI-MBRITA DE TECOLOQUILLO EN EL COMPLEJO CALDERA DE ACOCULCO, MÉXICO

Pérez Orozco Juan Daniel¹, Sosa-Ceballos Giovanni², Biró Tamas³, Kovacs Istvan⁴ y Macías Vázquez José Luis⁵

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Eötvös University, Institute of Geography and Earth Sciences

⁴Geological and Geophysical Institute of Hungary

juandan.perez@gmail.com

El contenido de hidroxilo estructural (OH-) en minerales nominalmente anhidros, como el cuarzo y el feldespato, permite conocer la historia depositacional de un depósito ignimbrítico. En esta investigación analizamos el contenido de OH- en fenocristales de cuarzo y feldespato (pómez) en cinco zonas ubicadas a distinta elevación de una columna estratigráfica de la Ignimbrita de Tecoloquillo (TI), ubicada en el Complejo Caldera de Acoculco, Puebla, México. Se realizaron mediciones de FTIR y Raman para: 1) determinar el contenido de hidroxilo, 2) investigar las sustituciones de H+ en la estructura cristalina, 3) conocer las fases minerales y 4) clasificar poblaciones de fenocristales. Además, determinamos la composición de los óxidos de Fe-Ti para estimar la temperatura pre-eruptiva. Los resultados sugieren dos poblaciones de fenocristales: un grupo hidratado que tiene contenido de OH- y evidencia de alteración hidrotermal, y otro grupo deshidratado con ausencia de contenido de OH-. El grupo hidratado (cuarzo con filamentos de rutilo) presentó un perfil de difusión con una pérdida máxima de 2.4 ± 0.65 ppm de OH. Con las temperaturas pre-eruptivas y los contenidos de OH- estimamos un modelo de enfriamiento y deposicional de la TI. El modelo implica la sedimentación (pulsos) mediante el modelo agradacional progresivo, en el que ambos grupos experimentaron el mismo tiempo de enfriamiento, pero tuvieron diferente difusión de H+. Los cristales del grupo hidratado sufrieron difusión H+ - Al3+, se enfriaron rápidamente y retuvieron el contenido de OH. Por otro lado, el grupo deshidratado presentó difusión H+ - B3+, y resistió el enfriamiento debido a su velocidad lenta de difusión H+ en comparación con Al3+. Interpretamos que la erupción muestreó un grupo de fenocristales de cuarzo alterados hidrotermalmente (grupo hidratado) que no pertenecían al grupo de fenocristales del reservorio magmático de TI (grupo deshidratado). Dado que la difusión de H+ en los fenocristales puede ocurrir por varios procesos durante y después de la erupción, se requieren más estudios para interpretar los procesos de difusión de H+ en procesos magmáticos como la descompresión del magma en erupciones fisurales.

GEOQP-10

DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS Y LAVAS RIOLÍTICAS CONTROLADAS POR "CRYSTAL MUSHES" E INTRUSIONES MÁFICAS EN EL COMPLEJO CALDERA DE ACOCULCO, MÉXICO - ESTUDIO DE PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

Boijseaneau López Mario Emmanuel¹, Sosa-Ceballos Giovanni², Macías José Luis³, Andrews Benjamin⁴ y Farfán Gabriela⁵

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C., USA

cswasa@gmail.com

La actividad silícica del Complejo Caldera de Acoculco (ACC), Faja Volcánica Trans Mexicana (FVTM), comenzó su actividad durante el pleistoceno ~2.6 Ma y durante el tiempo de su actividad produjo una serie de lavas y piroclastos de composición andesítica-riolítica hasta el final de la actividad post caldérica ~0.016 Ma. La ignimbrita Piedras Encimadas (PEI) es una de las erupciones riolíticas más importantes en el ACC, con respecto a otros productos de la caldera e incluso de otras ignimbritas penecontemporáneas de la FVTM, debido a que es ultra rica en cristales, fue depositada en una amplia extensión y a la ausencia de fragmentos de pómez en sus depósitos. Los depósitos de PEI están formados casi en su totalidad por cristales de feldespato y polimorfos de sílice con tamaños que van desde #5 µm hasta tamaños centimétricos ~15 cm. La mayoría de las rocas del ACC presentan un origen calcoalcalino pero, los análisis de elementos mayores y traza de PEI y otras riolitas, por ejemplo, de la Ignimbrita Tecoloquillo (TEQ), tienen composición per-alcalina. En este trabajo fueron realizados análisis de DRX, FTIR, Raman y EPMA para examinar el origen y las causas de la alta cristalinidad de PEI. Nosotros relacionamos el alto contenido de cristales presentes de PEI con una cristalización magmática y una subsecuente alteración hidrotermal. La cristalización magmática generó arriba del 50 - 60 vol% de cristales mientras que la alteración hidrotermal aportó #40 vol%. La alteración hidrotermal promovió procesos de vitrificación que transformaron la matriz vítrea de PEI a cristales de tridimita y cristobalita. Sugerimos también que PEI puede estar relacionada con un crystal mush o un reservorio antiguo y cristalizado que se generó después del primer colapso de ACC. Nosotros atribuimos el transporte de los melts ultra cristalinos de PEI con la disminución de densidad generada por la recarga de magmas máficos calientes y con los episodios dramáticos de extensión ocurridos en la región del ACC.

GEOQP-11

ESTIMACIÓN DE TASAS DE ASCENSO MAGMÁTICA DE ERUPCIONES EXPLOSIVAS A PARTIR DE BAHÍAS DE FUNDIDO EN CRISTALES DE CUARZO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LA PRIMAVERA

Morales-Gaona Víctor¹, Sosa-Ceballos Giovanni² y Macías José Luis³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

vic.moragao@gmail.com

En las últimas décadas se ha desarrollado un nuevo método que permite estimar tasas de descompresión magmática en erupciones volcánicas explosivas, utilizando bahías de fundido alojadas en cristales como geospidómetros. La técnica consiste en ajustar la concentración de volátiles que contienen las bahías de fundido con distintos caminos de descompresión que representan distintas velocidades de ascenso magmático. Durante el ascenso magmático, la continua desgasificación del fundido se da por la difusión de especies volátiles (H₂O y CO₂) desde el interior de la bahía de fundido hacia la salida, resultando en un gradiente de concentración que depende del tiempo. La difusividad y la solubilidad del H₂O y CO₂, permite que con la concentración restante de H₂O y CO₂ en las bahías de fundido se puedan estimar tasas de descompresión magmática utilizando ecuaciones de difusión. En este trabajo aplicamos la técnica en dos erupciones silícicas de actividad post-caldera pertenecientes al Complejo Volcánico de La Primavera (CVLP), en el estado de Jalisco. Las muestras provienen de la erupción hidromagmática que dio origen al horizonte de Pómez Gigante (~95-90 ka) y de una erupción pliniana que dio origen a un depósito piroclástico de caídas (~68.9-65 ka). Para implementar los modelos de difusión se realizaron análisis geoquímicos con microsonda electrónica (EMPA) y espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), con el fin de vislumbrar procesos magmáticos que pudieron controlar las erupciones post-caldera y conocer condiciones pre-eruptivas. Para realizar los modelos de difusión se utilizó EMBER; un programa que permite calcular tasas de descompresión magmática para magmas de distintas composiciones. Las velocidades de ascenso magmático que se obtuvieron para la erupción hidromagmática del horizonte de PG van de 1.5 a 6 m/s, mientras que el rango de velocidades calculadas en la erupción pliniana de Planillas van de 0.76 a 6.8 m/s.

GEOQP-12

LIMITACIONES PARA CALCULAR LAS CONDICIONES PRE-ERUPTIVAS EN MAGMAS MEZCLADOS Y ASIMILADOS: PERSPECTIVAS DEL VOLCÁN LA MALINCHE, MÉXICO

Gómez Arango Johana Andrea y Sosa-Ceballos Giovanni

Instituto de Geofísica, UNAM

johanagomezarango@comunidad.unam.mx

Las erupciones plinianas del volcán La Malinche (Pómez Huamantla, Pómez Malinche I y Pómez Malinche II) están enmarcadas por depósitos de caídas piroclásticas pertenecientes a la etapa Malinche, con edad Pleistoceno-Holoceno. Este estratovolcán está ubicado en la parte central del país en la faja conocida como Faja Volcánica Transmexicana. Dada la naturaleza desequilibrada de sus productos, que se asemeja a muchos otros sistemas volcánicos, hicimos especial referencia a las limitaciones que existen para calcular las condiciones pre-eruptivas en magmas afectados por mezcla y asimilación de magmas. El problema se aborda utilizando diferentes geotermobarómetros, melt inclusions alojadas en fenocristales y diagramas de fase publicados previamente en productos volcánicos con una composición similar a los magmas de La Malinche. En este sentido, se evidenció que magmas de composición variable (andesítica a riolítica) estuvieron involucrados en las erupciones del volcán, las cuales muestran procesos de mezcla de magmas y asimilación de cuerpos más félsicos que han modificado todas las rocas que se encuentran en el volcán. Aunque el conjunto mineral en las tres erupciones es el mismo (plagioclasa, biotita, anfíbol y óxidos de Fe y Ti), la presencia de megacrístales de plagioclasa, biotita y anfíbol (tamaños superiores a 1000 μm) sugieren que están relacionados con otros magmas. y/o cuerpos fuera de equilibrio. Esto se refleja en las diferentes poblaciones composicionales de anfíboles (pargasitas, magnesio-hornblenda y tremolita) y plagioclasa (An20, An40, An50 y An60). Los megacrístales de biotita reflejan la asimilación de un solo cuerpo, ya que su composición en todos los depósitos está íntimamente relacionada. A partir de la extrapolación de los datos químicos del vidrio de melt inclusions (72 % en peso de SiO_2) con las líneas de tendencia en condiciones P-T para composiciones riolíticas, calculamos valores de presión de 130 Mpa y temperaturas de 800 °C. Las presiones definidas mediante melt inclusions tienen valores de 240 $\pm$ 30 Mpa. La geotermometría realizada con óxidos de Fe y Ti muestra una temperatura promedio de 860 $\pm$ 30 °C. La geotermobarometría anfíbol arroja una temperatura más baja (800 $\pm$ 10 °C) y una presión de 150 $\pm$ 50 MPa. Determinamos que los magmas de La Malinche que produjeron erupciones plinianas debieron almacenarse aproximadamente a 200 $\pm$ 70 Mpa y a una temperatura de 820 $\pm$ 10 °C. Lo anterior refleja una profundidad del reservorio de aproximadamente 7,7 km. Esta profundidad de estancamiento está en gran medida relacionada con la profundidad de los volcanes de Sierra Nevada, lo que podría estar relacionado con la dinámica de la corteza a estas profundidades.

GEOQP-13 PLÁTICA INVITADA

LOS DIAGRAMAS DE FASE EXPERIMENTALES SIGUEN SIENDO UNA HERRAMIENTA VIABLE PARA APROXIMAR LA PROFUNDIDAD DE LOS RESERVORIOS MAGMÁTICOS?

Sosa-Ceballos Giovanni

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

giovannis@igeofisica.unam.mx

La década de los 80's marcó una inflexión en cuanto al estudio de los reservorios magmáticos, especialmente para determinar sus condiciones de presión y temperatura. Una herramienta novedosa y elegante fue la petrología experimental. Los experimentos hidrotermales de baja presión-temperatura realizados con diseños de "sellado frío" sirvieron para aproximar la profundidad a la cual el ensamble mineral debió haberse estabilizado. Actualmente contamos con varias docenas de sistemas magmáticos que fueron estudiados mediante esta técnica. La interrogante es si esta técnica es viable actualmente. Yo pienso que no es viable; es una técnica extremadamente cara, subjetiva y poco reproducible; además, sufre gravemente de que las rocas que se estudian mediante esta técnica son una integración de procesos (mezcla y asimilación) y por lo tanto están formadas por diferentes poblaciones de xenocristales. Como todo estudio experimental, no intenta reproducir la naturaleza, más bien realiza aproximaciones para entender una variable. Adicionalmente, debido a que el equilibrio termodinámico es independiente de la masa, es poco realista proponer que un sistema está en equilibrio termodinámico cuando la muestra a estudiar es de 300 miligramos, y un reservorio magmático puede ser desde algunos cientos de metros cúbicos hasta varios kilómetros cúbicos de tamaño; es decir, hay un problema de escala. Sin embargo, hay otras herramientas petrológicas para aproximar la profundidad de los magmas: inclusiones de vidrio atrapadas en minerales, diversos geobarómetros y herramientas geofísicas. Estas herramientas aunadas a estudios de la reología de la corteza han constreñido los reservorios magmáticos a dos zonas principales 100-150 MPa y 200-250 MPa. Esto hace inviable el uso de experimentos hidrotermales; sin embargo, la experimentación es todavía útil e interesante. Los experimentos se pueden diversificar para resolver varios problemas que presentan los reservorios magmáticos, ahí se encuentra el futuro de la experimentación con magmas.

GEOQP-14

EL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE CRISTALES (CSD) COMO HERRAMIENTA DE INTERPRETACIÓN DE LA CRISTALIZACIÓN DE ROCAS PLUTÓNICAS

Hernández-Bernal María del Sol¹ y Corona-Chávez Pedro²¹ENES Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²INICIT, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

msol_hernandez@enesmorelia.unam.mx

Los sistemas magmáticos pueden tratarse de forma análoga a suspensiones mixtas de reactores industriales. Una cámara magmática que alimenta calderas o forma plutones puede ser recargada por un nuevo magma mientras el magma parcialmente cristalizado es extraído. La "Distribución del Tamaño de los Cristales (CSD)" es un método basado en la estereología que visualiza el espacio tridimensional a través de secciones bidimensionales. El patrón CSD, construido a partir de la densidad de población y el tamaño de los cristales, permite reconocer procesos estacionarios y no estacionarios. También, es posible calcular el tiempo de residencia de los lotes de magma durante su estancamiento dentro de las cámaras de la corteza cuando los cristales extraídos y la masa del líquido entrante se compensan. En los sistemas magmáticos corticales domina el crecimiento de cristales sobre la tasa de nucleación y las curvaturas resultantes de las gráficas de CSD que se alejan del sistema estacionario pueden ser interpretados como los efectos de eventos de nucleación renovados. Además, el análisis de la forma de los cristales brinda información de las condiciones físicas del sistema magmático durante la cristalización. En este trabajo se presenta a los patrones de CSD característicos de algunos plutones de edad jurásica, paleógena y miocénica analizando la densidad de población y tamaño de varios cientos de cristales de plagioclasa. La metodología incluye imágenes petrográficas de lámina delgada, de tomografía de RX y el uso de software libre como ImageJ y CSD Corrections. La pendiente de las líneas obtenidas se interpreta como el tiempo promedio de residencia de un cristal en el sistema antes de que sea desalojado. Algunas curvas de poblaciones de plagioclasas de los plutones descriptos muestran protuberancias, asociadas a agregados policristalinos y a MME, que se interpretan como dos etapas de crecimiento cristalino, ya sea por asimilación, mezcla o inyección de magmas. Los datos obtenidos indican tiempos de residencia de los cristales entre 80-187 años en la etapa de engrosamiento alcanzando un promedio de tamaños máximos de 2 mm. Los segmentos de mayor pendiente indican tiempos de residencia entre 20-67 años, siendo los cristales de menor tamaño y con una tasa de nucleación mayor. Se observa que los plutones a 120 km de la trinchera actual muestran edades de residencia mayores a 120 años para los cristales de mayor tamaño, mientras que los cristales de menor tamaño alcanzan su edad de residencia mayor a los 85 km de la actual trinchera. Los valores obtenidos de tiempos de residencia son acordes con los calculados para plutones de entornos convergentes.

GEOQP-15

PETROGÉNESIS DE MAGMAS INTERMEDIOS DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO, MÉXICO: APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOQUIMIOMÉTRICAS Y DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO NO SUPERVISADO

Torres Sánchez Darío, Sosa-Ceballos Giovanni y Cisneros Máximo Guillermo

Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

dtorress@igeofisica.unam.mx

Durante los últimos años técnicas de aprendizaje automático (ML; machine learning) han sido utilizadas en el estudio de rocas volcánicas, principalmente para la comprensión de composiciones de fuentes de origen magmática, clasificación y petrogénesis. Las técnicas de ML se dividen en dos categorías principales: (a) aprendizaje supervisado (SL; supervised learning), en donde los algoritmos aprenden a través de ejemplos; y (b) aprendizaje no supervisado (UL; unsupervised learning), en donde el entrenamiento y el aprendizaje consisten en una serie de vectores de entrada sin ningún valor objetivo. En el presente estudio, se ha utilizado una combinación de técnicas de UL y geoquimiometría para definir el origen y evolución de rocas volcánicas de composición intermedias del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) a partir de sus composiciones geoquímicas. El CVMG ha sido considerado como uno de los campos volcánicos monogénéticos más grande y diversos del mundo con cerca de 1200 estructuras volcánicas. Este campo volcánico se encuentra constituido principalmente por rocas volcánicas de composición intermedia que abarcan edades desde el Plioceno hasta el Holoceno. Se compiló cerca de 407 datos publicados de muestras de rocas intermedias para la construcción de un base de datos geoquímicos. La base de datos ha sido utilizada para la aplicación de técnicas de agrupación (análisis de componentes principales, K-means, agrupaciones jerárquicas) combinadas con técnicas geoquimiométricas (herramientas estadísticas, modelado cuantitativo). Estas técnicas, complementadas con la distribución espacial de las rocas volcánicas intermedias del MGVF, muestran una relación directa procesos magmáticos de cristalización fraccionada y asimilación-cristalización fraccionada.

GEOQP-16 CARTEL

UNA PERSPECTIVA GEOQUÍMICA SOBRE EL ORIGEN DE LOS LEUCOGRANITOS DEL CRETÁCICO TARDÍO AL EOCENO EN SONORA CENTRAL: COMPARATIVA CON DATOS EXPERIMENTALES

González Becuar Elizard
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 egonzalezb@geologia.unam.mx

Una característica controvertida del magmatismo Cordillerano de América del Norte es la presencia de granitos leucocráticos peraluminosos con muscovita y granate con edades Cretácico superior a Paleógeno. Estudios geológicos en la Cordillera han sugerido que estos plutones podrían haberse generado a partir de procesos tales como: diferenciación a alta presión, fusión localizada de roca encajonante a partir de fuentes de magma mantélica, fusión parcial de material cortical (anatexis), últimos productos de la cristalización fraccionada, asimilación de corteza continental, y/o alteración hidrotermal de rocas metaluminosas. Con el fin de definir procesos genéticos plausibles para los leucogranitos de la región central de Sonora, se muestrearon plutones, pegmatitas y aplitas del Cretácico Tardío al Eoceno de las sierras El Pajarito y Puerta del Sol. Realizamos análisis petrográfico modal, mineralogía normativa con geoquímica de roca total y modelamos los procesos magmáticos al origen de las rocas intrusivas muestreadas. Nuestras muestras tienen una mineralogía petrográfica consistente de cuarzo + feldespato potásico + muscovita ± biotita ± plagioclasa, los minerales accesorios pueden ser granate y sillimanita. Los datos de óxidos mayores muestran que los cuerpos muestreados tienen una clara firma peraluminosa, un hecho que sugiere un origen a partir de la fusión parcial de rocas corticales. La modelación de los procesos petrogenéticos así como la comparación con datos experimentales de fusión nos brinda información sobre la composición de los protolitos y las condiciones de temperatura y presión de origen de los magmas parentales a partir de los cuales cristalizaron los leucogranitos, pegmatitas y aplitas de El Pajarito y Puerta del Sol.

GEOQP-17 CARTEL

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LOS ENCLAVES DEL ENSAMBLE PLUTÓNICO DE ARTEAGA, MICHOACÁN

Aranda Molina Gerardo, Hernández Bernal María del Sol y Atayde Blacio Nahum Ayelen
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 geraam08@gmail.com

Los enclaves microgranulares máficos (MME = mafic microgranular enclaves) son el tipo más común de enclaves en los cuerpos plutónicos graníticos, siendo esencialmente melanocráticos y de grano más fino que las rocas encajonantes. Si bien la presencia de enclaves en rocas graníticas es ubicua, existen ejemplos en diversos complejos plutónicos con presencia notable de estas estructuras. En México algunos cuerpos plutónicos de la Sierra Madre del Sur que contienen abundantes enclaves máficos son los plutones de Puerto Vallarta, Manzanillo, Jilotlán, Arteaga, Aquila, entre otros. El Ensamble Plutónico de Arteaga (EPA), es un cuerpo de aproximadamente 200 km² de composición félsica intermedia (granito-monzogranito) que aflora en el municipio de Arteaga Michoacán donde afloran algunas zonas muy ricas en MME. Varios autores han interpretado que la presencia de los MME en rocas de arco es evidencia de procesos de mezcla con diferentes grados de asimilación de magmas máficos y félsicos. En estas interpretaciones se asume que el magma máfico se emplaza sin-plutónicamente con el cuerpo félsico, generando un enfriamiento rápido y textura de grano fino en las porciones máficas debido a la diferencia de temperatura de ambos magmas. El presente trabajo describe las características generales y la variedad de los enclaves microgranulares máficos (MME) en el EPA con énfasis en la geometría, forma de emplazamiento, microestructuras y su interpretación. El análisis petrográfico muestra que las fases minerales que contienen los MME son similares a las contenidas en la roca encajonante, pero en diferentes proporciones y con mayor densidad. La geometría de los enclaves está descrita en función de la redondez, elongación, tipo de borde y aspecto. El tipo de emplazamiento está descrito como: enjambres, diques o aislados. De acuerdo con la literatura consultada, las descripciones de campo y de laboratorio se han identificado 7 familias de enclaves. Dentro de estas familias, hay geometrías del tipo elípticas, circulares, irregulares y prismáticas y emplazamientos de tipo enjambre, doble y aislados. La familia más abundante es la irregular y la región donde hay mayor densidad de enclaves es en la localidad de Las Juntas, cerca de la ciudad de Arteaga. Las observaciones realizadas sugieren la interacción de líquidos con diferente viscosidad con diversos grados de asimilación, deformación dúctil que evidencia la dirección del flujo y diversas generaciones de enclaves.

GEOQP-18 CARTEL

ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE ALGUNOS ENCLAVES DEL ENSAMBLE PLUTÓNICO DE ARTEAGA, MICHOACÁN, MÉXICO: BUSCANDO LAS EVIDENCIAS DE MEZCLA

Atayde Blacio Nahum Ayelen¹, Hernández Bernal María del Sol¹, Suazo Cruz Guillermo², Corona Chávez Pedro² y Leal Mercado Arely Sarahí¹

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

ayelenatayde@gmail.com

El Ensamble plutónico de Arteaga (EPA) es un cuerpo granítico que se localiza al sur del estado de Michoacán, en el municipio de Arteaga y forma parte del cinturón batolítico de la Sierra Madre del Sur. Su composición félsica a intermedia varía desde granito, granodiorita y monzonita. En algunas zonas es distintiva la presencia de microenclaves máficos (MME) que varían en tamaño desde centímetros hasta varios decímetros. Los enclaves magmáticos son inclusiones globulares de rocas ígneas, generalmente de composición máfica a intermedia, dentro de rocas ígneas de composición más diferenciada que se cree que resultan de la mezcla mecánica y química de dos magmas. Están presentes en cuerpos graníticos en todo el mundo y, debido a que pueden tener distintos orígenes dentro del emplazamiento magmático, el análisis petrogenético a través de su firma geoquímica proporciona información valiosa sobre los procesos de mezcla y asimilación magmática involucrados. Estos procesos se ven reflejados además en su aspecto mesoscópico: su geometría, la naturaleza de sus bordes, emplazamiento, textura y su mineralogía. En este trabajo se presenta una descripción geoquímica enfocada en los enclaves obtenidos de cuatro sitios de muestreo dentro del Plutón de Arteaga con gran abundancia de ellos: Las Juntas, Los Habillos, La Lajita y Los Pozos. Se analizan los contenidos de elementos mayores, traza e isótopos de Sr y Nd. El contenido de elementos mayores de los enclaves es similar al de la roca huésped, mostrando una composición sub-alcálica, sin embargo, la variación química y mineralógica es mucho más amplia con tendencia hacia la composición gábrica. Los diagramas de Harker de Al₂O₃#, MgO, FeO#, TiO₂#, Na₂O, CaO, K₂O y P₂O₅ muestran una diferenciación máfica a félsica en la composición de los enclaves en dirección SW-NE. El índice de Shand indica que las muestras tienen una afinidad metaluminosa en Las Juntas y Los Pozos, en Los Habillos se sigue la misma tendencia, pero es ligeramente peraluminosa y en La Lajita el carácter es más peraluminoso. El patrón de elementos de Tierras Raras indica afinidad a un ambiente de arco magmático, donde se observa una anomalía negativa en el Eu relacionada con la cristalización fraccionada de la plagioclasa visible en algunas muestras de Las Juntas, Los Habillos y La Lajita. El contenido de elementos traza en cristales de plagioclasas y anfíboles difieren de la composición de la roca huésped adyacente. Se muestran las firmas isotópicas de Sr y Nd de enclaves y rocas huésped y se hacen inferencias de los procesos de mezcla y contaminación cortical.

Sesión regular

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Organizadores

Vlad Manea
Víctor de la Luz

MSG-1

LINEAR AND NONLINEAR SPLITTING SCHEMES CONSERVING TOTAL ENERGY AND MASS IN THE SHALLOW WATER MODEL

Skiba Iouri
Universidad Nacional Autónoma de México, ICAYCC
skiba@unam.mx

Three implicit and unconditionally stable difference schemes of the second order of approximation in all variables are presented for a shallow water model that takes into account the rotation and topography of the Earth. Two schemes are linear and one is nonlinear. The schemes are based on splitting the model equations into two one-dimensional subsystems. Each of the subsystems saves the mass and total energy both in differential and difference (in time and space) form. One of the linear schemes contains a smoothing procedure that does not violate the conservation laws and suppresses false oscillations caused by the use of central-difference approximations for spatial derivatives. The unique solvability of linear schemes and the convergence of iterations used to find their solutions are proved.

MSG-3

TONALLI: MODELACIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA CROMOSFERA SOLAR UTILIZANDO MHD Y NLTE

De la Luz Víctor¹, Huipé Domratheva Elizandro² y González José Juan²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica unidad Michoacán
²UNAM ENES Morelia
itzitli@gmail.com

En este trabajo presentamos los avances en el desarrollo de un nuevo algoritmo para la solución de atmósferas estelares en 3D utilizando un modelo Magnetohidrodinámico (MHD) Fuera de Equilibrio Termodinámico Local (NLTE). En este trabajo mostramos las aproximaciones numéricas para el caso de un sistema Hidrógeno - Helio a temperaturas cromosféricas. El algoritmo está implementado a partir de dos códigos base: CAFE y Pakal ambos utilizan la tecnología MPI para el procesamiento paralelo. Los algoritmos están programados en C, Fortan y Python. Así mismo mostramos la teoría física detrás de la aproximación de la ecuación de estado utilizada en el modelo.

MSG-4

MODELADO ELECTROMAGNÉTICO 3D EN EL DOMINIO DEL TIEMPO EN MEDIOS ANISÓTROPOS UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS ESPECTRALES

Valdés-Moreno Beatriz, De Basabe Delgado Jonás de Dios y Pérez-Flores Marco A.
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
valdesb@cicese.edu.mx

El método transitorio electromagnético es ampliamente empleado en diversas áreas como exploración mineral, caracterización de acuíferos, estudios ambientales y geotermia. Aunque la conductividad eléctrica generalmente se asume isotrópica, en medios complejos con fallas, fracturas o estratificaciones delgadas, la anisotropía es crucial. Gracias al avance en la capacidad computacional y los algoritmos numéricos, se pueden obtener mejores resultados de modelados directos en medios complejos. A pesar de que el método de elementos espectrales ha sido exitoso en modelado sísmico, su aplicación en otros métodos geofísicos es limitada. Nuestro estudio explora cómo el método de elementos espectrales puede ayudarnos a modelar campos electromagnéticos en el dominio del tiempo en medios 3D, considerando tanto conductividad eléctrica isotrópica como anisotrópica. Combinamos esto con el método explícito de diferencias finitas para la parte temporal. Para la parte espacial, en nuestros experimentos comparamos funciones base de hasta orden 8 para distintos escenarios, usando un dipolo eléctrico polarizado en las direcciones x y z como fuente. Descubrimos que emplear funciones base de mayor orden y el método de diferencias finitas condujo a resultados precisos. Concretamente, funciones base de segundo y cuarto orden, junto con mallas gruesas, superaron a una función de 1er orden con malla más fina.

MSG-5

MODELO ELECTROMAGNÉTICO DE UN RAYO NUBE-TIERRA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN A LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Alcocer-Gómez Jorge y Gómez-Treviño Enrique
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
jorge_tarpon57@hotmail.com

Los rayos nube-tierra son la fuente indirecta del método magnetotélúrico para periodos inferiores a un segundo. No importa dónde se produzcan en el planeta, los campos electromagnéticos llegan al lugar de medición como ondas planas que viajan entre la ionosfera y la tierra. Por lo tanto, no es necesario modelar directamente el efecto de los rayos en el método magnetotélúrico. Sin embargo, en este trabajo se plantea que la aplicación directa de los rayos puede proporcionar información del subsuelo. Para lograrlo, se formuló la ecuación diferencial del fenómeno y se obtuvieron los campos electromagnéticos dentro de la tierra. Además, se realizó un análisis funcional con las derivadas de Fréchet para determinar la profundidad de investigación. También se propusieron nuevas definiciones de resistividad aparente, analizando su comportamiento en una tierra estratificada. El desarrollo matemático demuestra que es posible modelar los campos electromagnéticos para una tierra homogénea y anisotrópica, además, se obtuvo la solución analítica para las derivadas de Fréchet. Es importante mencionar que bajo el modelo teórico de los rayos, se puede considerar el método de corriente directa y el magnetotélúrico como casos particulares de una sola técnica.

MSG-6

APROXIMACIÓN A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EMPLEANDO DIFERENCIAS FINITAS GENERALIZADAS

Román-Gutiérrez Ricardo, Domínguez-Mota Francisco Javier, Chávez-Negrete Carlos, Tinoco-Guerrero Gerardo y Guzmán-Torres José Alberto
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
ricardo.roman@umich.mx

El Método de Diferencias Finitas Generalizadas (GFDM, por sus siglas en inglés) es un método numérico robusto y sólido para resolver sistemas de ecuaciones diferenciales parciales. En este estudio, aplicamos este método a los Problemas de Flujo de Agua Subterránea, que incluyen el Problema de Henry y el Problema de Elder. Estos problemas modelan la intrusión de agua salada en un medio poroso previamente saturado con agua dulce. Son problemas de referencia para evaluar el desempeño de los métodos numéricos. Además, tienen un gran potencial para analizar el impacto ambiental de la sobreexplotación de los acuíferos costeros y para proponer estrategias de gestión y control de la salinización, especialmente en casos donde los parámetros físicos y geométricos tienen una influencia crítica en el comportamiento del sistema.

MSG-7

MODELO ACTUALIZADO DEL ACUÍFERO DE LA PARTE SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO

Hernández García Guillermo de Jesús
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
ghdez@geofisica.unam.mx

Presentamos la modelación computacional de flujo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con las versiones actuales de Modflow y la herramienta Modelo Muse como interfaz gráfica. Se cuenta con nuevas versiones de recarga y bombeo con base en el análisis de los datos disponibles. Se logró una versión corregida para los niveles de la superficie y de la base de la capa de arcilla. Se calibró el modelo con una mejor aproximación de los niveles calculados frente a los observados. Se aplicó la herramienta Model Mate para calibración. Se pasó de una versión a otra con un criterio que surge de analizar las formulaciones en cada versión. Se observó una reformulación del coeficiente de almacenamiento junto con el rendimiento específico. Modflow6, en general, muestra una mejor aproximación; la refinación mejora la aproximación para refinación local de celdas al doble.

MSG-8

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE PARTE SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO USANDO SENSORES REMOTOS

Ávila Roberto y Correa Alejandra
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
robertoavila@igefisica.unam.mx

Hoy en día la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es una de las megalópolis más grandes del mundo. Esto junto con el efecto del cambio en los patrones del clima ha provocado problemas como subsidencia del terreno. Esto debido a que la sobreexplotación del acuífero disminuye la capacidad portante del subsuelo. Los modelos de flujo subterráneo permiten conocer los niveles piezométricos del acuífero, que juegan un papel importante en el manejo del agua subterránea a largo plazo. Sin embargo, los modelos requieren datos espaciales y en muchas regiones estos datos son escasos. Técnicas de sensores remotos pueden proporcionar información complementaria a la de estudios geológicos, hidrogeológicos y geofísicos, ya sea aéreos o en tierra. Ya se han hecho algunas estimaciones en la zona de estudio pero no han sido satisfactorias debido a que algunas se basan solo en un balance superficial, sin tomar en cuenta la parte subterránea, lo que da lugar a discrepancias en resultados. En el presente estudio se usa SWAT-MODFLOW que incluye tanto la parte superficial como la subterránea aprovechando al máximo las bondades de la percepción remota, por medio de la definición de unidades de terreno compuestas por factores hidrológicos interrelacionados, conocidos como unidades de respuesta hidrológica (HRU, en inglés). Los sensores remotos proporcionaron datos útiles tanto para delimitar aspectos superficiales del acuífero como son cobertura de suelos, topografía, o humedales, como también definir variables importantes del ciclo hidrológico como la lluvia y la evapotranspiración (ET). Esta última jugó un papel básico para definir demandas de riego para predicción óptima de la recarga en cuencas urbano-agrícolas.

MSG-9

HACIA UN MODELO NUMÉRICO DE ESTADO NATURAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES

Guerrero Martínez Fernando Javier, Prol Ledesma Rosa María, Vidal García Martín Carlos, García Zamorano Eduardo Alfredo, Hernández Hernández Mario Alberto, Pérez Zárate Daniel, Díaz Rodríguez Augusto Antonio y Membreillo Abad Alejandra Selene
Instituto de Energías Renovables, UNAM
fernando.guemar@outlook.com

La Transición Energética Nacional demanda un esfuerzo creciente por la descarbonización del sector eléctrico. A fin de que la electricidad geotérmica continúe teniendo una participación clave en México, e incluso incremente su contribución, es necesario realizar esfuerzos de investigación con miras a mejorar la competitividad de esta tecnología en un mercado cada vez más penetrado por las renovables intermitentes. La historia de la electricidad geotérmica nos ha enseñado que el modelado numérico-computacional es un paso indispensable en la gestión exitosa del recurso. Mientras que la industria geotérmica internacional ha dado prueba de ello, en México el modelado no se ha empleado de forma sistemática. Este trabajo tiene por objeto consolidar un modelo numérico-computacional del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, Baja California Sur. Se busca con esto, por una parte, aumentar nuestra comprensión de este importante sistema geotérmico, que abastece de electricidad a comunidades desconectadas de la Red Eléctrica Nacional. Por otra parte, busca promover el uso del modelado numérico como una técnica de análisis en la gestión del recurso geotérmico en nuestro país. Se propone un modelo conceptual actualizado a partir de una nueva interpretación hidrogeológica regional y geológico estructural. El modelo conceptual se desarrolla con el uso de la herramienta MOVE (PETEX Ltd.), y su discretización numérica se realiza con el uso de PyTOUGH. El modelo de simulación termodinámica del sistema hidrotermal se realiza con la herramienta TOUGH2 con un esquema de modelado hacia adelante. La calibración del modelo se realiza tomando como referencia los perfiles de temperatura de los pozos productores disponibles en la literatura. Los resultados muestran un primer acercamiento al estado termodinámico del campo previo al inicio de la producción. El modelo representa un marco de trabajo para un proceso de refinamiento del modelo y pruebas de simulación dinámica del yacimiento.

MSG-10

MODELACIÓN NUMÉRICA DE FLUJO CONVECTIVO EN MEDIOS POROSOS

Martínez-Nicolás Alma¹, Flores-Márquez Elsa Leticia¹, Parra-Guevara David² y Teja-Juárez Víctor Leonardo³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

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

³Facultad de Ingeniería, UNAM

amn.ingpet@gmail.com

La modelación numérica de flujo de fluidos y transporte de calor por convección en medios porosos es fundamental en la caracterización de yacimientos geotérmicos y en algunos procesos de recuperación de petróleo. El estudio de este fenómeno es indispensable para comprender la evolución térmica de las formaciones geológicas

que pueden contener fluidos, como: agua, vapor, gas e hidrocarburos. Además, nos ayuda a predecir el comportamiento de un sistema o yacimiento para tomar las decisiones convenientes sobre su evolución o explotación. La solución de las ecuaciones de flujo convectivo en medios porosos toma como base los modelos geométricos conceptuales que representan las condiciones geológicas de un yacimiento. Éstas pueden resolverse de manera analítica cuando el sistema es sencillo y homogéneo; sin embargo, para modelos heterogéneos y anisotrópicos, como en las condiciones geológicas reales, es necesario desarrollar códigos numéricos para solucionar dichas ecuaciones. Uno de los métodos usados es el elemento finito (Finite Element Method), el cual divide al dominio geométrico en subdominios sobre los cuales se definen funciones, se interpolan y aproximan de manera tal, que la solución aproximada converge a la solución del problema real. Los modelos de convección requieren resolver numéricamente las ecuaciones de balance de las propiedades de los fluidos (masa y energía), e incorporar las ecuaciones que representan el medio de desplazamiento, que puede ser poroso o fracturado. Con estas consideraciones se puede reproducir el comportamiento real del sistema. El objetivo de la presente investigación fue modelar numéricamente un flujo convectivo de fluido entre un medio poroso y una fractura, para lo cual fue desarrollado un programa numérico computacional que resolvió las ecuaciones que rigen este fenómeno. Se consideró un sistema geotérmico subterráneo de forma rectangular, constituido por un medio poroso heterogéneo y anisotrópico, saturado con un fluido de una sola fase. Dicho sistema está atravesado por una fractura que es representada como una zona de muy alta permeabilidad. Se realizaron varios ensayos numéricos que esquematizan condiciones geológicas reales, en los que se varía la inclinación de la fractura, así como las propiedades físicas del medio poroso y la fractura, la conductividad térmica y/o permeabilidad. Los resultados obtenidos son congruentes con modelos previos y de laboratorio, así mismo los modelos esquemáticos muestran un comportamiento esperado para los campos de temperaturas y de corrientes.

MSG-11

MODELOS NUMÉRICOS PARA LA ECUACIÓN DE TRANSPORTE DE CALOR EN ACUÍFEROS POROSOS CON EL MÉTODO DE CÁLCULO EXTERIOR DISCRETO

Carrillo Rubén¹, Morelos Miguel Ángel² y Núñez Diana¹

¹Universidad Complutense de Madrid, UCM

²Centro de Investigación en Matemáticas

rubenc02@ucm.es

El análisis numérico de ecuaciones en derivadas parciales es un área clásica y de gran actividad de investigación. En este ámbito, hay una gran variedad de métodos establecidos como Diferencias Finitas, Elemento Finito, Volumen Finito, Espectrales, etc. Además, se puede afirmar que todos ellos son de origen analítico. En las últimas décadas se han propuesto métodos geométricos, basados en el Cálculo Exterior. Esto es debido al contenido geométrico de muchas teorías de la Física. En este grupo podemos destacar el Cálculo Exterior de Elemento Finito, o FEEC, el cual es una aproximación teórica al diseño y entendimiento de métodos de elemento finito para la solución numérica de varios tipos de EDPs. Este método se fundamenta en las bases de los tradicionales métodos basados en elemento finito, el análisis funcional, pero viene acompañado de herramientas de topología y álgebra homológica. Un método alternativo en este campo es el del Cálculo Exterior Discreto (DEC, por sus siglas en inglés). El Cálculo Exterior generaliza el cálculo vectorial a dimensiones altas y a variedades diferenciales, mientras que el Cálculo Exterior Discreto (DEC) es una de sus discretizaciones, la cual produce un método numérico para resolver ecuaciones en derivadas parciales sobre complejos simpliciales. En el Cálculo Exterior Discreto se usan operadores geométricos sobre complejos simpliciales en cualquier dimensión, y se proponen versiones discretas equivalentes para los objetos y operadores diferenciales, como pueden ser las formas diferenciales, los campos vectoriales, etc. DEC se propone como un método para resolver ecuaciones en derivadas parciales que toma en cuenta las características geométricas y analíticas de los operadores y los dominios sobre los que se aplica. Los modelos matemáticos de transferencia de calor en medios porosos han recibido una atención considerable en los últimos tiempos. Éstos, vienen dados por ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden para la conservación de energía de calor y flujo. Para estudiar las características térmicas de la conducción y advección dentro de medios porosos se pueden aplicar los modelos de equilibrio térmico y de no equilibrio térmico. En este trabajo, se analizan los modelos numéricos 2D de transporte de calor en acuíferos porosos con DEC.

MSG-12

CARACTERIZACIÓN MULTIESCALAR DE PERMEABILIDAD Y MORFOLOGÍA DEL MEDIO POROSO A ROCAS ÍGNEAS, USANDO MICRO COMPUTED TOMOGRAPHY (MICRO CT), FOCUSED ION BEAM - SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (FIB-SEM) Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

Arteaga Dante¹ y Vega Sandra²¹Centro de Geociencias, UNAM²CGEO

darteaga@geociencias.unam.mx

En los últimos años, las técnicas de imagen tridimensional han tenido una notoria extensión en uso y aplicación a las ciencias de la tierra, entre las principales ventajas que estas técnicas ofrecen, es la obtención de una réplica digital de la muestra analizada, aunado a esto, la microtomografía se considera una prueba no destructiva y permite el uso del ítem para otros análisis o estudios, sin embargo, en muestras que exhiben una heterogeneidad en sus propiedades a través de distintas escalas, es necesario llevar a cabo una metodología que permita discretizar estas propiedades y ver su cambio a través de las distintas resoluciones y escalas de análisis. En este trabajo se presenta un análisis multiescalar realizado a muestras provenientes del yacimiento geotérmico de los Humeros, usando las técnicas de adquisición de imagen tridimensional Micro CT y FIB-SEM, comparado los resultados obtenidos con resultados experimentales de porosimetría y permeabilidad usando gases que no interactúan químicamente con las muestras. El uso de estas técnicas de forma conjunta, nos permite identificar propiedades desde el orden de los centímetros hasta caracterizar propiedades de poros en el orden de los nanómetros. Así mismo, se obtuvo una distribución estadística de la morfología de los poros, realizando una comparativa entre las distintas resoluciones y escalas para ver su influencia en los resultados experimentales.

MSG-15

MODELADO NO CONVENCIONAL DE DATOS GPR: UNA APROXIMACIÓN MAGNÉTICA

Sánchez Martínez Alejandra Ixchel y Gallardo Luis A.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
alejandra@cicese.edu.mx

El radar de penetración terrestre (GPR) es un método de prospección geofísica altamente resolutorio, no invasivo y con diversas aplicaciones como arqueología, geotecnia, estudios de glaciales y permafrost, geohidrología, geofísica forense, ingeniería civil, entre otras. La señal de radar se ve afectada por tres propiedades: permitividad dieléctrica, conductividad eléctrica y permeabilidad magnética; usualmente la permeabilidad magnética se considera constante, suponiendo que tiene poca influencia en la señal de radar ya que muchos materiales no son magnéticos. Esta consideración permite modelar el tránsito de la onda electromagnética utilizando la ecuación de Helmholtz, como convencionalmente se usa en radar. Postulamos que los contrastes de permeabilidad magnética afectan las observaciones de distinta manera que la permitividad eléctrica y la conductividad, por lo que consideramos la permeabilidad magnética en el modelado, en consecuencia utilizamos un enfoque no convencional para modelar la propagación de onda. Para evaluar el impacto en la señal de radar en cada una de estas propiedades, usamos el método de diferencias finitas en el dominio de tiempo (FDTD) en modelos heterogéneos 1-D y 2-D. En todos los casos se analizaron componentes de campo eléctrico y magnético. Se realizaron pruebas sintéticas variando cada propiedad individualmente y de manera combinada. A partir de ejemplos de pruebas sintéticas concluimos que: 1) de manera diferente a los efectos de contraste de la permitividad eléctrica y la conductividad eléctrica en la propagación electromagnética, la permeabilidad magnética da como resultado un efecto combinado de velocidad y atenuación, tanto en el campo eléctrico como en el campo magnético, 2) los medios con propiedades de propagación EM idénticas pueden producir una partición de energía, imprevista por formulación de Helmholtz ampliamente utilizada, 3) concluimos que el contraste de permeabilidad magnética incluso para materiales no ferromagnéticos, es tan relevante como la permitividad y la conductividad eléctrica y puede ser analizada más fácilmente en las componentes de campo magnético.

MSG-16

FORMULACIÓN MACROHÍBRIDA MIXTA DUAL PARA DESPLAZAMIENTO MISCIBLE

Vera Norberto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
nrbtrvr@gmail.com

En este trabajo presentamos un modelo macrohíbrido mixto dual de desplazamiento miscible en 3D constituido por dos modelos mixtos acoplados. Para su formulación utilizamos el Teorema de Transporte de Reynolds y Teorema de Localización Construidos los modelos mixtos de flujo y transporte en términos de los campos velocidad-presión (u,p) y flujo de masa-concentración (w,c), utilizamos descomposición de dominio para formular el problema global como un compuesto

de E subproblemas locales en donde se establecen condiciones de frontera y condiciones iniciales para cada uno de los subproblemas y también se dan condiciones de transmisión para establecer la continuidad de los campos (u,p,w,c). A continuación se formulan variacionalmente los E subproblemas y se reformulan en espacios de dimensión finita, utilizando espacios de elemento finito mixto. Como consecuencia de lo anterior, se obtienen dos sistemas de ecuaciones acoplados que hay que resolver para obtener una solución aproximada del problema. Para este propósito se utiliza un Algoritmo de Punto Próximo para obtener dos algoritmos computacionales que hay que programar en paralelo utilizando múltiples procesadores, lo que permite el manejo de cálculos intensivos reduciendo significativamente los tiempos de simulación. Esta combinación de métodos numéricos y tecnologías de cómputo en paralelo constituye una buena herramienta para la simulación de sistemas complejos.

MSG-17

IMPLEMENTACIÓN 3D DE LEYES DE FRICCIÓN “RATE AND STATE” EN UN ESQUEMA DE GALERKIN DISCONTINUO PARA SIMULAR LA DINÁMICA DE LA RUPTURA SÍSMICA

Tago Pacheco Josué¹ y Day Steven²¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Department of Geological Sciences, SDSU
josue.tago@gmail.com

Estudiar la estabilidad de una falla con poco acoplamiento requiere utilizar leyes de fricción tipo “rate and state” que permitan modelar regiones en donde no se promueve el avance de una ruptura sísmica (Kaneko et al., 2011). Las leyes “rate and state” modelan al coeficiente de fricción como función de la velocidad del deslizamiento y una variable de estado que evoluciona de acuerdo a su propia ecuación diferencial ordinaria no lineal (Dieterich, 1979; Ruina, 1983). La estructura de estas leyes de fricción se deben a estudios experimentales de fricción de rocas y los valores de sus parámetros son fundamentales para modelar correctamente el comportamiento tectónico. Se presentará como modelar en 3D la dinámica de la ruptura sísmica utilizando leyes de fricción “rate and state” en un esquema numérico hp-adaptativo de Galerkin discontinuo (Tago et al., 2012). Para remover el ruido numérico de altas frecuencias, se sigue la propuesta de Rojas et al. (2009) que introduce un modelo viscoelástico Kelvin-Voigt en la ecuación de movimiento. La verificación de la implementación se hizo resolviendo el benchmark TPV103 que asume una falla embebida en un espacio homogéneo elástico (Harris et al., 2009). Se planea utilizar este código para estudiar la estabilidad de la brecha de Guerrero, infiriendo los parámetros de fricción a partir de inversiones cinemáticas de la tectónica (Cruz-Atienza et al. (2021)).

MSG-18

MODELACIÓN DE SISTEMAS TERRESTRES USANDO LA PLATAFORMA MACTI PARA APOYAR LA ENSEÑANZA DE MATEMÁTICAS

De la Cruz Salas Luis Miguel¹ y Pérez León Miguel Ángel²¹Instituto de Geofísica, UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM

luiggix@gmail.com

La plataforma Macti ofrece un Laboratorio de Cómputo Virtual (LCV); para ello incorpora un sistema gestor del aprendizaje (Moodle) en combinación con un JupyterLab, en donde es posible realizar prácticas computacionales a través de un navegador web y sin necesidad de realizar instalación o configuración alguna. Desde su inicio, en esta plataforma se ha impulsado el uso del Pensamiento Computacional (PC) junto con otras metodologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo anterior ha permitido generar mayor interactividad en el aula a través del uso de cuadernos interactivos (Jupyter Notebooks) en donde el estudiante resuelve ejercicios y obtiene realimentación inmediata y evaluación automatizada. En esta plataforma también es posible generar simulaciones interactivas que permiten estudiar diferentes tipos de sistemas terrestres; por ejemplo, el flujo de agua subterránea, estudio de yacimientos geotérmicos y petroleros, transferencia de calor, entre otros. Para ello se tienen módulos especializados que realizan las simulaciones mediante métodos numéricos, los cuales se pueden adaptar de acuerdo con diferentes tipos de parámetros. El estudiante puede hacer uso de estos simuladores interactivos y experimentar cambiando los valores de dichos parámetros; esto le ayuda a comprender en qué tipo de aplicaciones, los métodos matemáticos, numéricos y algoritmos computacionales que aprende en el salón de clases, son importantes y necesarios para resolver problemas de la vida real. De esta manera, motivamos el interés en el aprendizaje de conceptos que suelen ser complicados a primera vista, pero que tienen una aplicación directa en la investigación y en la industria. En este trabajo se presentan varios casos de éxito de intervención en el aula usando todo el entorno de la plataforma Macti. Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA PAPIME PE101922.

MSG-19 CARTEL

¿QUÉ DETERMINA EL CORRIMIENTO ESTÁTICO EN LAS MEDICIONES MAGNETOTELÚRICAS: EL TAMAÑO DE LOS ELECTRODOS O LA DISTANCIA ENTRE ELLOS, O AMBOS?

Gómez Treviño Enrique

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
egomez@cicese.mx

Un problema pendiente en el modelado de mediciones magnetotelúricas es el de anticipar el grado de discretización necesario para simular el corrimiento estático. Para resolverlo se representa la resistencia eléctrica medida por electrodos puntuales como una integral de volumen de una función de peso operando sobre la distribución de resistividad eléctrica del subsuelo. Localmente, las contribuciones volumétricas son la versión tridimensional de la fórmula clásica de longitud/área para la resistencia de un hilo conductor. La integral se aplica primero a un arreglo activo donde los mismos electrodos se utilizan para inyectar la corriente y para medir el voltaje. Este arreglo sirve de referencia para el arreglo en las mediciones magnetotelúricas donde los electrodos son utilizados solo para medir voltaje. Las corrientes telúricas se simulan con un flujo uniforme de corriente directa a lo largo del cable que une los electrodos. Ambos arreglos conducen a integrales impropias debido a las singularidades en la posición de los electrodos, sugiriendo contribuciones muy grandes de las áreas inmediatas a los electrodos. Ambas integrales se pueden tratar analíticamente para un modelo de referencia homogéneo. En el caso del arreglo activo las integrales impropias divergen, implicando que la discretización se debe realizar en la escala de las dimensiones de los electrodos. En el caso del arreglo para las mediciones magnetotelúricas las integrales convergen y la escala la determina la distancia entre los electrodos. La conclusión es que para simular los corrimientos de estática no será necesario discretizar hasta la escala de los electrodos, bastará con elementos del orden de la distancia entre ellos.

MSG-20 CARTEL

FEM CON FUNCIONES ÓPTIMAS (FEM-OF) PARA LA ECUACIÓN DE FLUJO (ECUACIÓN DE CALOR)

De la Mora Cebada Alicia M. y Rubio Acosta Ernesto

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM
alidelmc@ciencias.unam.mx

Los modelos matemáticos de sistemas continuos en Ingeniería y Ciencias de la Tierra, conducen a una gran variedad de ecuaciones diferenciales parciales (EDP) cuyos métodos de solución se basan en el procesamiento computacional de alto desempeño de sistemas de ecuaciones algebraicas a gran escala. En un sentido amplio, la descomposición de dominio se refiere a una forma sistemática de introducir una partición, de modo que las funciones puedan definirse en cada uno de sus elementos de forma independiente, generando así un espacio lineal de funciones discontinuas por tramos. Cuando se trabaja en estos espacios, el problema a resolver se denomina Problema de Valores de Frontera con Saltos Prescritos (BVPJ). Como antecedente, Herrera I. basándose en una Teoría Algebraica aplicada a los Métodos de Frontera, que generaliza la fórmula de Green a espacios lineales de funciones discontinuas por tramos ha desarrollado el método de discretización denominado Método Indirecto TH (Trefftz-Herrera), el cual utiliza las soluciones locales de la ecuación diferencial adjunta homogénea para construir funciones de peso especializadas en cada elemento de la partición, llamadas funciones de peso óptimas. Estas funciones de peso se aproximaban mediante colocación. En este trabajo se presenta el método de discretización denominado FEM-OF (Método de Elemento Finito con Funciones Óptimas), el cual introduciendo una descomposición dual de operadores utiliza tanto las funciones de peso óptimas como funciones de base óptimas. En este método además se utilizan las soluciones locales de la ecuación diferencial homogénea para construir funciones base especializadas en cada elemento de la partición, llamadas funciones base óptimas. La descomposición dual de operadores está determinada por lo que se llama la información buscada de la solución en la frontera interior inducida por la partición, que puede ser el promedio de la función. Este método se ha denominado Método de Elementos Finitos con Funciones Óptimas (FEM-OF), ya que las funciones óptimas se aproximan con el Método de Elementos Finitos convencional. De esta manera se establece una base general para una teoría de métodos de elementos finitos en espacios de funciones discontinuas por tramos Particularmente se desarrolla la aplicación del método para la ecuación de flujo (ecuación de calor).

MSG-21 CARTEL

FILTRADO ESPECTRAL DE SEVS CRUZADOS EN CUYOACO, PUEBLA

González Hernández Julio César, Gómez Carballo Nicole Diane, García Aguirre Tania, Martínez Mirón Yleana Claudia, Aguilar Periañez Sandra, González Guevara José Luis, Barbosa Hernández Itai, Lira Chino Ángel Leonel, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz Francisco Martín, Mejía Pérez José Alfredo y Juárez Torres José Ángel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

El presente proyecto se centra en la aplicación de filtros espectrales para mejorar el análisis de los datos obtenidos a partir de un conjunto de Sondeos Eléctricos

Verticales (SEVs), utilizando un algoritmo generado en MatLab®. Los principales objetivos son: transformar los datos del dominio de la distancia al dominio de la frecuencia espacial, por medio de la transformada digital de Fourier, y desarrollar tres filtros espectrales (pasa baja, pasa alta y pasa banda), con el fin de resaltar comportamientos distintivos y eliminar el ruido de los datos de resistividad aparente. Los datos tratados se obtuvieron de un conjunto de SEVs utilizando el arreglo electródico Schlumberger (variante GeoTEM), dispuestos en dos tendidos perpendiculares compartiendo punto de atribución, realizados en el municipio de Cuyoaco, Puebla, mediante los resistivímetros Ares (GF Instruments®) y Saris (Scintrex®). La base de datos consta de tres tendidos, cada uno cubre una apertura total de 100 m de longitud; los primeros dos tendidos se realizaron utilizando el resistivímetro Ares, contando con catorce mediciones y dos empalmes; el primero a los 15 m y el segundo a los 20 m de AB/2; así mismo el tercer tendido (adquirido con resistivímetro Saris) coincide el primer tendido del resistivímetro Ares (orientación NO-SE), y contando con un único empalme a los 15 m de apertura. El filtrado espectral implicó la importación de los datos, la realización de un algoritmo que permitiera el cálculo de los espectros de magnitud y fase, mediante la implementación de una Transformada de Fourier Digital Inversa (TFDI) y el diseño de los filtros espectrales para mitigar el ruido. Los resultados demostraron la eficacia del proceso de filtrado espectral. Comparando los resultados obtenidos de cada filtro se observó que el pasa baja fue el que preservó de mejor manera la tendencia de la señal original, en donde se percibe que las resistividades más altas se obtuvieron a una menor separación entre los electrodos A y B, resultando adecuado para la reducción del ruido y permitiendo a una inversión de la curva con menor grado de incertidumbre. La importancia de este proyecto radica en la capacidad del algoritmo desarrollado para mejorar la interpretación de los datos mediante la aplicación de principios matemáticos fundamentales emulando (o incluso superando) el procesamiento de datos generado en un software comercial. La selección del filtro apropiado basado en el rango de frecuencias de interés resalta la utilidad del filtrado espectral para la eliminación del ruido y proporcionar otra perspectiva del comportamiento en el análisis de los datos, en donde ciertas anomalías no podrían ser percibidas en el dominio de la distancia. Además de implementar SEVs cruzados, ya que de esta forma se puede inferir el comportamiento real de las estructuras del subsuelo en términos de su dimensionalidad. Palabras clave: Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), filtrado espectral, transformada Digital de Fourier, reducción de ruido, dimensionalidad geoelectrica.

MSG-22 CARTEL

SOLUCIÓN NUMÉRICA DE LA ECUACIÓN DE POISSON, MEDIANTE DIFERENCIAS FINITAS, Y SU APLICACIÓN EN LA CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA DEL SUBSUELO

González Hernández Julio César, García Velázquez Elvira, Martínez Mirón Yleana Claudia, De Román Mello Zahira, González Guevara José Luis, García Valiente Marco, Serrano Ortiz José, Torres Mora Carlos Alberto, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz Francisco Martín y Juárez Torres José Ángel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
julio.gonzalezhdz@correo.buap.mx

Este trabajo presenta los resultados derivados de una simulación numérica la cual emula la adquisición de datos de resistividad en campo, a partir de la combinación de la tomografía eléctrica y la implementación numérica de la ecuación de Poisson, utilizando el método de diferencias finitas, para simular el comportamiento del potencial eléctrico. Esta estrategia implica discretizar el semiespacio simulado para obtener datos sintéticos de resistividad en ubicaciones de interés. El enfoque del proyecto consistió en emplear datos reales de un estudio geoelectrico como modelo de referencia. Esta elección permitió la comparación entre los resultados obtenidos y los datos reales, permitiendo la validación del algoritmo. Durante el desarrollo del trabajo, se consideraron valores típicos de formaciones geológicas afines en la zona de interés, mediante una solución analítica para la imposición de condiciones de frontera. Para la implementación de la solución numérica, se creó un código en Matlab que generó un modelado directo capaz de resolver la ecuación de Poisson. En este código, se asignaron los valores de parámetros conocidos, como las dimensiones del terreno y valores resistivos de prueba para definir el sistema de ecuaciones a resolver. A través del algoritmo desarrollado, se obtuvieron valores de resistividad eléctrica mismos que se utilizaron como insumo para obtener un modelo inverso mediante tomografía eléctrica, con el fin de recuperar el modelo inicialmente planteado. Palabras clave: Ecuación de Poisson, Potencial eléctrico, Tomografía eléctrica, Solución numérica, Diferencias Finitas.

MSG-23 CARTEL

15 AÑOS DE MODELACIÓN NUMÉRICA Y CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL CENTRO DE GEOCIENCIAS DE LA UNAM

Manea Marina y Manea Vlad Constantin
Centro de Geociencias, UNAM
marina@geociencias.unam.mx

El rápido desarrollo de la tecnología informática en las últimas décadas brindó a los científicos nuevas oportunidades para expandir sus campos de investigación y, al mismo tiempo, comprimir el tiempo necesario para llegar a conclusiones científicas basadas en la investigación. Este rápido desarrollo también afectó significativamente la tendencia del descubrimiento científico, y en muchos campos de investigación,

observamos una transición desde los experimentos de laboratorio estándar hacia los experimentos numéricos. De una manera particular, en el campo de las Ciencias de la Tierra, el modelado computacional constituye una poderosa herramienta predictiva que llena un vacío de datos geológicos y geofísicos. El registro geológico cubre bien la superficie de la Tierra, pero tiene una profundidad bastante limitada, mientras que la información geofísica puede proporcionar información basada en la profundidad, pero tiene un intervalo de tiempo limitado a los eventos actuales. Por lo tanto, existe una gran brecha de datos en el tiempo y el espacio que no se puede cubrir a menos que se utilice algún método de predicción indirecto e intuitivo. En este panorama, las simulaciones numéricas se presentan como una herramienta de investigación esencial. En este trabajo brindamos una revisión sobre los avances en investigación obtenidos en los últimos 15 años utilizando computación de alto rendimiento en el Centro de Geociencias, UNAM, México.

MSG-24 CARTEL

COMPARACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO SWAT A PARTIR DEL LLENADO DE DATOS DE ALGORITMO ESTOCÁSTICO Y ALGORITMO DETERMINISTA

Correa González Alejandra¹, Gaona Martínez Miguel Ángel¹,

Hernández Hernández Mario Alberto² y Sánchez Quispe Sonia Tatiana¹

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

²Instituto de Geofísica, UNAM

alejandra.correa@umich.mx

La modelación hidrológica es una herramienta que permite establecer las relaciones que se presentan entre las variables climáticas y variables físicas del suelo. Sin embargo, como información de entrada es necesario series de precipitación y temperatura, los cuales es común presenten vacíos, por lo cual, es parte de la modelación realizar el llenado de datos. Los algoritmos para llenado de datos pueden ser estocásticos y deterministas. Algunos modelos modelo hidrológicos contienen algoritmos estocásticos para el llenado de datos como es el modelo SWAT, el cual, es una modelo físicamente basada, que calcula el escurrimiento por medio del número de curva. El objetivo del trabajo comparar los resultados presentados en la calibración del modelo SWAT por medio del algoritmo IDW y el algoritmo estocástico contenido en el modelo SWAT. Se realizó la comparación del del escurrimiento en la cuenca del lago de Cuitzeo, localizada al noreste del estado de Michoacán, por medio del modelo hidrológico SWAT. La calibración de realizó en dos estaciones de la cuenca y se validó en dos estaciones. Los resultados que se obtuvieron son aceptables de acuerdo a los parámetros estadísticos que se utilizaron para su calibración y validación.

Sesión regular

OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores

Braulio Juárez Araiza
Héctor García Nava
Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu
Christian Appendini

OCC-1

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN EN LA BAHÍA SANTA ELENA

Márquez Xiomara, Tisseaux Alexandre, Salazar Juan Pablo, Cambronerio Sergio y Vargas Mauro
Universidad Nacional
xiomara.marquez.artavia@una.ac.cr

El eje principal de este documento es la estimación del coeficiente de viscosidad vertical para la Bahía Santa Elena y algunos parámetros necesarios para establecer la clasificación de la cuenca. Primeramente por medio de un modelo matemático se trata de reproducir la velocidad del flujo en la sección transversal de estudio, para utilizar el modelo en un método de optimización que genera un valor optimizado del coeficiente dentro de un error menor al 10%. Se encuentra que los valores del coeficiente son altos para la parte menos profunda del estuario y bajos y muy dispersos para la parte más honda.

OCC-3

ESTUDIO DE ONDAS INTERNAS EN EL CAÑÓN DE PUNTA BANDA

Mitre Andrea¹, López Manuel¹, Candela Julio¹, Pérez-Bruni Paula¹, Estrada-Allis Sheila¹ y Ramos-Musale Karina²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
mitre@cicese.edu.mx

A partir de datos de velocidad y temperatura medidos por tres anclajes en el cañón submarino de Punta Banda, se realizó un estudio centrado en verificar la presencia de ondas internas en la zona y estimar sus características de onda. Mediante análisis armónico y espectral se determinó que la mayor energía presente en el cañón está contenida en la frecuencia de marea M2. Los parámetros de la elipse de marea indicaron una estructura vertical baroclínica en la columna de agua. Las fases de las corrientes baroclínicas y temperatura se propagan hacia abajo, consistentes con una velocidad de grupo de las ondas internas de gravedad con dirección hacia la superficie. Un ajuste lineal a las fases arroja una diferencia de fase cercana a un cuarto de periodo, consistente con el desfase de una onda interna plana, pero con estratificación uniforme. La dirección de propagación horizontal calculada a partir de un método que involucra diferencias de fases entre los anclajes infiere una zona de generación al suroeste del cañón conocido como valle de la Soledad que cuenta con un bajo que podría ser el que genere las ondas captadas por los anclajes. Sin embargo, las velocidades de propagación horizontal que se infieren con este método son muy bajas y, por tanto, probablemente erróneas.

OCC-4 PLÁTICA INVITADA

EL CAMPO DEL OLEAJE EN EL LABORATORIO NATURAL DEL CEMIE-OCÉANO EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Ocampo Torres Francisco Javier¹, Esquivel Trava Bernardo², García Nava Héctor³, Osuna Pedro², Díaz Méndez Guillermo M.², Guevara Aguirre Juan Carlos⁴ y Durazo Reginaldo⁵

¹CeMIE-Océano, A.C.

²CICESE

³Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

⁴UABC

⁵Facultad de Ciencias Marinas, UABC

pocampotorres@gmail.com

Se describe la implementación de un laboratorio natural en el noroeste de México (Laboratorio Natural BTS), específicamente en la región de Bahía Todos Santos, B.C. El objetivo principal del laboratorio es contar con un sitio de observaciones del oleaje y otras variables ambientales para brindar la información detallada y necesaria para futuros estudios del desempeño de dispositivos convertidores de la energía del mar. Se ilustran algunos detalles de la implementación y se presenta un reporte del avance con las adquisiciones más recientes de nuevos sensores. Además de contar con sensores instalados in-situ, se obtienen rutinariamente imágenes de la

superficie del mar adquiridas con radares de apertura sintética que funcionen en los satélites Sentinel 1 (ESA), TerraSAR-X y TanDEM-X (DLR). Además, también se han instalado radares de banda-X y radares de alta frecuencia en la costa del Laboratorio Natural BTS, para obtener información del oleaje prevaletiente. En particular, se analiza el campo de la altura significativa del oleaje que se obtiene con un radar de alta frecuencia (WEA-EPB) instalado en la barra del Estero de Punta Banda, y se presenta la comparación con las mediciones obtenidas directamente con sensores in-situ (ADCP). Se discute sobre las ventajas que se obtienen con las mediciones de los radares, especialmente en términos de la resolución espacial, y se aborda el problema de la estimación del espectro del oleaje con la información de un sitio de radar.

OCC-5

VARIABILIDAD ENERGÉTICA DE OLEAJE EN MARES MEXICANOS

Salinas Prieto José Antonio, Maya Magaña María Eugenia y Hernández Martínez Constantina
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
jsalinas@tlaloc.imta.mx

México tiene más de 11,000 km de costas, incluyendo islas, siendo los océanos una fuente de energía viable y necesaria para el desarrollo sustentable. Para identificar áreas con alta energía y poca variabilidad temporal, es posible la identificación cualitativa de áreas de energía asociada al oleaje costero mediante modelos numéricos regionales aplicados a periodos largos. La dinámica atmosférica superficial está influenciada por oscilaciones diarias, mensuales, estacionales, anuales, interanuales y quinquenales, contribuyendo así a esta gran variabilidad en el mediano y largo plazo. Por ello, se requiere información y conocimiento confiable para los mares y costas mexicanos que permita incluir los efectos de esta dinámica atmosférica en la distribución energética de oleaje, sobre todo costero, en donde se pretende utilizar como fuente alternativa de energía. Se realizaron simulaciones numéricas de oleaje para el periodo 1979-2010 utilizando el modelo Wavewatch III en un sistema de mallas anidadas. La malla mayor fue global para reproducir el oleaje distante (Swell) que llega a costas mexicanas, obteniendo de ahí las condiciones iniciales y de frontera para dos mallas regionales: Pacífico oriental y Golfo de México-Caribe, estimando la potencia asociada al oleaje, así como sus valores extremos y variabilidad temporal y espacial. Se evaluó el desempeño del modelo Wavewatch III para 3 regiones de las costas del Pacífico Mexicano y 4 del Golfo de México-Caribe, mediante comparaciones con observaciones de la base de datos ERA5. Las variables altura significativa, potencia, periodo pico, periodo medio y dirección media, para la primera y segunda partición espectral del oleaje, se evaluaron utilizando las métricas: error cuadrático medio, error medio absoluto, correlación y desviación estándar, además estimando ciclos estacionales y anuales para las 7 áreas analizadas. Se analizaron las contribuciones a la variabilidad de las dos primeras particiones espectrales, a la energía total, tanto en ciclos estacionales como anuales para cada región. Finalmente, se calcularon los valores extremos (percentiles 10 y 90) de la potencia del oleaje identificando las costas mexicanas con mayor potencial, las cuales son susceptibles de ser utilizadas como fuente alternativa de energía.

OCC-6

UN ESTUDIO SOBRE EL CLIMA, LA TENDENCIA Y LA VARIABILIDAD DE PERÍODO LARGO DEL OLEAJE EN MARES MEXICANOS

Osuna Pedro¹, García-Nava Héctor², Barrera Germán¹ y Ocampo-Torres Francisco J.³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano)

osunac@cicese.mx

En este estudio se presentan los cálculos sobre el clima de la altura significativa y la potencia del oleaje en mares mexicanos, así como su variabilidad y tendencia. Los parámetros del oleaje son obtenidos a partir de los resultados generados por la simulación histórica (1980-2022) de una implementación con alta resolución espacial del modelo WaveWatch III, el cual es forzado con información de la base de datos

de viento ERA5. Los resultados indican que los valores mayores de potencia en mares mexicanos se encuentran en la región al noroeste del Pacífico mexicanos, con valores entre 20 y 25 kW/m. Los valores calculados para la región del golfo de México y el Caribe mexicano son sustancialmente más pequeños, entre 5 y 10 kW/m. Aunque estas estimaciones nos permiten identificar las regiones del país con posibilidades para la explotación del oleaje como recurso energético, es importante tener en cuenta que el cálculo del clima representa un promedio durante un período relativamente largo. En este trabajo se presentan también los resultados de un análisis sobre la tendencia de la altura y la potencia del oleaje en los mares del país, así como su variabilidad a largo plazo.

OCC-7

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL OLEAJE POR CICLONES TROPICALES EN EL GOLFO DE MÉXICO UTILIZANDO TORMENTAS SINTÉTICAS DERIVADAS DE MODELOS CMIP6

Appendini Christian¹, Ruiz Salcines Pablo², Duran Rodrigo³, Marsooli Reza⁴ y Al Azad ASM Alaudin¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centre for Climate Change, Geography Department, Universitat Rovira i Virgili, España

³National Energy Technology Laboratory, EEUU/Theiss Research

⁴Stevens Institute of Technology

cappendinia@iingen.unam.mx

El aumento de la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales debido al cambio climático es un tema de gran preocupación, ya que amplifica los peligros asociados. Sin embargo, un peligro que a menudo se pasa por alto es el oleaje, que es el principal parámetro de diseño para estructuras marítimas. En este estudio, se analizó el efecto del cambio climático en el oleaje generado por ciclones en el Golfo de México. El estudio utilizó ciclones tropicales sintéticos derivados de los Modelos de Circulación General del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados, Fase 6 (CMIP6), para superar las limitaciones de datos y resolución inherentes en estos modelos. Al enfocarse en la región del Golfo de México, se cuantificó la probabilidad de olas extremas bajo condiciones climáticas actuales y futuras basadas en el Escenario Representativo de Concentración SSP5-85. Los resultados resaltan la importancia de considerar los climas de olas no estacionarios al evaluar la resiliencia de las estructuras marítimas frente al cambio climático. Además, brindan información valiosa para mejorar la planificación y el diseño de la infraestructura costera en el Golfo de México y otras regiones similares vulnerables a los impactos de los ciclones tropicales. El estudio muestra la importancia de considerar el oleaje en la evaluación de la resiliencia de las estructuras marítimas frente al cambio climático. La información proporcionada puede ser utilizada para mejorar la planificación y el diseño de la infraestructura costera en el Golfo de México y otras regiones similares. Además, el estudio destaca la necesidad de considerar los efectos del cambio climático en los climas de olas no estacionarios en la evaluación de la resiliencia de las estructuras marítimas.

OCC-8

EVALUACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR TSUNAMIS LOCALES EN MANZANILLO, COLIMA

Vázquez Caamal Miriam Lizzeth¹, Appendini Christian² y Solano Hernández Ericka Alinne³

¹Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

mvazquezc@iingen.unam.mx

La localidad de Manzanillo, Colima ha sufrido el impacto de al menos 14 tsunamis generados por sismos en la trinchera Mesoamericana a lo largo de la historia. Estos eventos han causado daños materiales y afectaciones a la población de la zona turística y portuaria. A pesar de que la ciudad se encuentra en una zona de peligro ante la generación de tsunamis, y hay pocos estudios que integren el margen probabilístico de ocurrencia y evalúen el potencial de inundación. En este trabajo se llevó a cabo una evaluación probabilística de peligro por tsunamis utilizando modelos de sismos sintéticos como fuente, validados con datos del tsunami del 9 de octubre de 1995 en Jalisco - Colima (Mw 8.0). A partir de los resultados obtenidos, se generaron curvas de probabilidad de excedencia para la costa de Manzanillo y las sobreelevaciones del nivel del mar esperadas para los periodos de retorno de 10, 100 y 300 años. La inundación en Manzanillo se evaluó mediante el programa QGIS, utilizando cotas de nivel, y se comparó con simulaciones de inundación propagadas con GeoClaw (LeVeque et al., 2011). Las diferencias encontradas entre ambos métodos señalan una posible sobreestimación de la inundación al realizar aproximaciones con base en cotas de nivel, debido a que no se considera la pérdida de energía por la fricción del terreno. De acuerdo con los resultados, se encontraron las mayores sobreelevaciones en las bahías de Santiago y Manzanillo, así como en la laguna de Cuyutlán. Las inundaciones más importantes se observaron en la bahía principal de Manzanillo, afectando la zona urbana y el puerto de la ciudad. Además, se observó inundación significativa en la planicie costera de la laguna de Cuyutlán y en el terreno circundante a cuerpos de agua en la bahía de Santiago.

OCC-9

REGISTRO DE MAREA DE TORMENTA EN EL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE EN EL PERIODO 2010 - 2022

Gómez-Ramos Octavio¹, De la Rosa Herrera Estefanía Onésima¹, Zarza Alvarado Miriam Arianna¹, Gutiérrez Quijada Sergio Valente¹, García Palacios Miguel Ángel¹ y López Espinoza Erika Dana²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²ICAYCC - UNAM

octavio@atmosfera.unam.mx

En esta presentación se mostrará el registro que se ha realizado en las estaciones de monitoreo del Servicio Mareográfico Nacional (SMN-UNAM) del fenómeno conocido como "marea de tormenta", que es un incremento en el nivel del mar generado por la combinación de la marea astronómica y una marejada ciclónica. Se analizarán los 25 eventos que han sido registrados en el periodo 2010 - 2022 en la costa del Golfo de México y Mar Caribe, y se mostrarán los mapas que se han desarrollado en el SMN-UNAM para la fácil visualización de los efectos de este fenómeno.

OCC-10

VULNERABILIDAD ANTE LA INUNDACIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES EN LA RESERVA DE YUM BALAM, HOLBOX

Navarro Pérez Ricardo Acolhua, Pintado Patiño José Carlos y Mariño Tapia Ismael de Jesús

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

ricardo.np@comunidad.unam.mx

La interfase entre el mar y la tierra define a la zona costera, la cual se encuentra sujeta a diversos forzamientos y sus interacciones. La ocurrencia de condiciones de oleaje extremal y marea de tormenta asociadas al paso de fenómenos meteorológicos como ciclones tropicales, tormentas convectivas y frentes fríos contribuyen de manera importante a la inundación y la erosión costera. A su vez, la degradación de los ambientes y ecosistemas naturales, así como el crecimiento de asentamientos humanos incrementan la vulnerabilidad de la zona costera ante la inundación causada por fenómenos meteorológicos extremos. En particular, la isla de Holbox experimenta inundaciones frecuentes (~1 al año) asociadas al paso de frentes fríos o nortes (~24 eventos al año); cuenta con un nivel medio de vulnerabilidad social; y carece de accesibilidad por medio de carretera. Así mismo, en los últimos años se han reportado problemáticas relacionadas al creciente desarrollo costero como la erosión de playas y degradación del humedal en la zona lagunar. Todos estos elementos en combinación hacen de Holbox una zona potencial de riesgo y alta vulnerabilidad ante la inundación. El objetivo de este trabajo es determinar los niveles de inundación asociados a eventos característicos de norte con periodos de retorno de 5, 25 y 50 años en la isla de Holbox; así como evaluar el efecto de acciones potenciales de restauración ambiental en la reducción de vulnerabilidad ante este tipo de eventos. Los alcances del trabajo se fundamentan en un marco integral, el cual incluye: 1) el análisis de mediciones de nivel del mar para la caracterización del oleaje y marea de tormenta; 2) generación de escenarios característicos de eventos de nortes basados en un hindcast de oleaje de 42 años; y 3) simulaciones 2DH con el modelo numérico XBeach, implementado con información topo-batimétrica de alta resolución.

OCC-12

EFFECTOS ASOCIADOS A VARIACIONES DE LA RUGOSIDAD ARRECIFAL Y DEL NIVEL DEL MAR EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO

Hernández Cristerna Meztili Jashui y Pintado Patiño José Carlos

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

316129873@enesmerida.unam.mx

Los arrecifes de coral (AC) son ecosistemas bentónicos complejos que brindan una amplia variedad de servicios ecosistémicos y proporcionan protección a la costa al funcionar como barreras naturales, disipar la energía del oleaje, mitigar la erosión y favorecer la sedimentación en las playas. El Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) del Caribe mexicano forma parte del segundo sistema arrecifal más grande del mundo, conocido como Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). El SAM ha servido como sitio de refugio y anidación de cientos de especies marinas; sin embargo, hoy en día se encuentra amenazado debido a diversos estresores ambientales derivados del desarrollo excesivo costero, contaminación y cambio climático. Por lo tanto, resulta de gran importancia diagnosticar la eficiencia de los servicios de protección que ofrecen los arrecifes del SAM con la finalidad de diseñar mejores estrategias de manejo y restauración en estos ambientes. Este estudio evalúa efectos de la rugosidad del fondo arrecifal y niveles del mar en la disipación del oleaje, flujos de energía y respuesta de perfil de playa mediante el uso del modelo numérico XBeach. Para ello, se realizan 2432 simulaciones 1D considerando 38 transectos perpendiculares espaciados a lo largo del PNAPM y 64 variaciones para cada transecto, correspondientes a diferentes condiciones de rugosidad variable del fondo, niveles del mar y forzamiento de oleaje. Los resultados demuestran que bajo condiciones de nula y baja rugosidad arrecifal, el retroceso de la línea de costa (RLC) y porcentaje de tiempo de inundación en tierra (PTIT) es considerablemente mayor con respecto a condiciones de alta rugosidad. De manera general, estas

diferencias representan del orden de 2m en RLC y 28% en PTIT para escenarios con forzamientos asociados a periodos de retorno de 5 años; y de 9m en RLC y 14% en PIT para escenarios con forzamientos asociados a periodos de retorno de 50 años. De manera importante, el modelo numérico sugiere que los escenarios de rugosidad media y alta inducen una mayor disipación de energía por arrastre de fondo que por procesos asociados a la rotura del oleaje en superficie. Finalmente, el análisis indica que la zona sur del PNAAP es más vulnerable ante la pérdida de rugosidad arrecifal e incidencia de oleaje extremal, presentando mayores retrocesos de la línea de costa a comparación de la zona media y norte. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT-TA101420.

OCC-13

MODELADO FÍSICO Y NUMÉRICO DE OLAJE EXTREMO EN ARRECIFES CORALINOS

Rodríguez-Burguette Julian¹, Torres-Freyermuth Alec²,
Rendón-Valdez Camilo² y Franklin Gemma Louise³

¹Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - UNAM

jrodriguez@ingen.unam.mx

Los arrecifes coralinos son un ecosistema que disipa de manera eficiente el oleaje. A lo largo de los años se han desarrollado diversos trabajos dedicados a estudiar la transformación del oleaje en arrecifes coralinos a partir de mediciones de campo, modelado físico y modelado numérico. Sin embargo, existen pocos estudios en la literatura enfocados a investigar el runup en playas protegidas por arrecifes durante condiciones de oleaje extremo ($T_r > 100$ años). En este trabajo se desarrollaron ensayos de laboratorio de un modelo físico a escala (1:60) del perfil transversal del arrecife coralino de Teahupo'o, situado en Tahití, Polinesia Francesa. Este arrecife es conocido por la intensa rotura del oleaje incidente debido al cambio repentino de la profundidad del agua en la pendiente barloomar del arrecife. Las mediciones realizadas fueron de utilidad para la calibración y validación de un modelo transitorio no-hidroestático (SWASH) para generar distintas condiciones de oleaje. A pesar de las simplificaciones para simular la rotura de las olas, el modelo numérico SWASH predice satisfactoriamente el runup. Los resultados de las simulaciones numéricas, en conjunto con la base de datos de laboratorio, son útiles para la validación de parametrizaciones existentes. La parametrización de Franklin & Torres-Freyermuth (2022) fue capaz de predecir de manera satisfactoria las observaciones en el modelo físico y el modelo numérico. Agradecemos el apoyo financiero de CONAHCYT (beca de maestría No. 800818), y la DGAPA UNAM (PAPIIT IN102221) en el marco del proyecto "Estudio de la transformación de oleaje en arrecifes coralinos durante eventos extremos".

OCC-14

PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LÍNEA DE COSTA: MONITOREO TOPOGRÁFICO, CIENCIA COMUNITARIA Y DATOS SATELITALES

Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia, Kono Martínez Tadashi y Gracia Barrera Ashley David

Universidad Autónoma de Baja California

amaia@uabc.edu.mx

Las playas se encuentran en constante cambio en respuesta a la acción del oleaje y mareas. Generalmente, la posición de la línea de costa es indicador del estado de la playa, muestra los cambios de la anchura de la playa en el tiempo en correlación con la variabilidad volumétrica. Este trabajo tiene como objetivo analizar el uso de diferentes metodologías, que permiten el análisis de la variabilidad de la línea de costa en playas arenosas, a través del espectro del tiempo. Los programas de monitoreo costero tienen como objetivo general entender la variabilidad morfológica tridimensional de la playa que, entre otras variables, permite determinar variaciones de la anchura de la playa a lo largo del tiempo. Típicamente consisten en medir de manera rutinaria (i.e. cada 1-3 meses) y por años-décadas, decenas de perfiles transversales a lo largo de varios kilómetros de playa utilizando un GPS diferencial. Por otro lado, actualmente existen metodologías validadas que permiten extraer líneas de costa de imágenes satelitales de acceso público, y adquirir conocimiento acerca de los cambios de línea de costa a escala multi-decadal (i.e. CoastSat). Las iniciativas de ciencia comunitaria para el monitoreo de playas son cada vez más populares (i.e. CoastSnap), y consisten en involucrar a la ciudadanía en la colección de fotografías para alimentar bases de datos, que permitan después entender las variaciones de la línea de costa en el tiempo. Este trabajo pretende presentar los resultados del uso de las diferentes metodologías para el estudio de la evolución de la línea de costa en la playa de Ensenada, Baja California. Se mostrarán los resultados de la evolución de la línea de costa obtenida de mediciones topográficas mensuales a lo largo de una década (2012-2022) en perspectiva a los resultados de variabilidad de línea de costa obtenidos con CoastSat a lo largo de casi cuatro décadas (1984-2021). Por otro lado, se evaluarán los resultados de línea de costa obtenidos de la estación CoastSnap Ensenada (desde abril 2023), en comparación con mediciones topográficas con GPS diferencial. Este estudio pone en perspectiva las capacidades y limitantes de cada metodología en la evaluación de la resiliencia de las playas arenosas.

OCC-18 CARTEL

IMPACTO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS EN LA DINÁMICA DE ANIDACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA TORTUGA GOLFINA EN LA RESERVA DEL PLAYÓN DE MISMALOYA, MÉXICO

Filonov Anatoliy¹, Godínez Domínguez Enrique², Tereshchenko Iryna¹,
Avalos Cueva David¹, Barba López María del Refugio¹ y Monzón César¹

¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

²Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara

fian1942@gmail.com

En esta investigación se presentan un análisis que explora cómo las variaciones en las condiciones hidrometeorológicas se relacionan con los patrones de anidación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*). Para recopilar datos meteorológicos, se instaló una estación meteorológica automática en la playa, que midió diversos parámetros de la atmósfera superficial. Además, se realizó un estudio oceanográfico en el mar y se utilizaron termógrafos para medir a largo plazo la temperatura de la arena a diferentes profundidades y un gradiente vertical en la playa. El estudio analizó datos de monitoreo diario de la distribución de anidación en una extensión de playa de 30 km. Se identificaron dos estaciones ambientales principales relacionadas con las condiciones físicas para la incubación de los nidos y la producción de sexos. La temperatura del aire y las precipitaciones pluviales fueron los principales impulsores ambientales para controlar la proporción de sexos en las crías. Además, se encontró que las características térmicas de los nidos están relacionadas con la distribución vertical de las temperaturas de la arena. Estos resultados contribuyen a la comprensión de la interacción entre las condiciones hidrometeorológicas y la biología de anidación de la tortuga golfina, y tienen implicaciones significativas para las estrategias de conservación de esta especie en la Reserva Playón de Mismaloya, México.

Sesión regular

OCEANOLOGÍA

Organizadores

Alejandro Souza
Erik Coria Monter
Elizabeth Durán
Karina Ramos Musalem
Jorge Alejandro Kurczyn Robledo

OCE-1

IMPACT OF ATMOSPHERIC COOLING ON THE HIGH-FREQUENCY SUBMESOSCALE VERTICAL HEAT FLUX

Aparco Lara Jonathan¹, Torres Héctor S.² y Gómez-Valdés José¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology, Pasadena, California, United States of America
aparco@cicese.edu.mx

Recent simulations suggest that submesoscale motions with scales smaller than 30 km and frequencies greater than 1/day drive upward vertical heat transport. These simulations have prompted us to revisit the mechanisms that explain high-frequency vertical heat fluxes (VHFs) within the surface mixed layer (ML). Here, an idealized numerical simulation of a re-entrant channel flow with an unbalanced submesoscale thermal front is used to analyze the impact of surface cooling on high-frequency VHFs. Two types of simulations are analyzed: forced and unforced. The VHFs cospectrum analysis shows that surface diurnal cooling increases VHFs, reaching frequencies larger than 1/day. However, the fastest-growing length scale of ML instabilities limits the extension of positive VHFs toward fine scales. Symmetric and gravitational instabilities are the main conduits producing ageostrophic high-frequency and small-scale structures, which in turn enhance upward VHFs across the diurnal frequency. A comparison between forced-idealized simulations with the KPP scheme and a realistic regional simulation in the frequency-wavenumber space, reveals that the two simulation types reproduce similar VHFs near the diurnal frequency. However, the realistic simulation displays higher VHFs than the forced-idealized simulation. This study emphasizes that surface diurnal cooling significantly impacts high-frequency VHFs. However, this impact is not sufficient to reach the high-frequency VHFs estimated in realistic submesoscale-permitting and tidal-resolving simulations.

OCE-2

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LOS TENSORES DE REYNOLDS Y LA ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTO EN DOS SISTEMAS DE CORRIENTES DEL PACÍFICO MEXICANO

Arias Esquivel Víctor Alejandro, Magar Vanesa,
Bermudez-Romero Anahi y Godínez Víctor ManuelCentro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
alexarias7114@gmail.com

La turbulencia es relevante en la producción y disipación de energía en zonas costeras. Sin embargo, el estudio de la estructura de la turbulencia bajo diferentes características de forzamiento es limitado. Los estudios se han enfocado en regiones con un fuerte forzamiento de mareas, por lo tanto para entender cómo utilizar la energía de marea en ambientes con forzamientos de marea contrastantes se caracterizan los procesos turbulentos. El campo del flujo medio y las características de la turbulencia es analizado en dos condiciones de corrientes y marea diferentes con datos de oleaje, mareas y viento a partir de instrumentos instalados de marzo a abril de 2023 y de julio a agosto de 2023 en Islas Todos Santos y el canal entre Isla San Esteban e Isla Tiburón. Los resultados de oleaje y corrientes son de un ADCP montado en el fondo. Se estimaron los tensores de Reynolds, la energía cinética turbulenta (TKE), y la tasa de anisotropía. Se aplicó el método de la varianza para calcular los estadísticos de turbulencia y se aplicaron códigos en Python para procesar los datos binarios y calcular los parámetros de turbulencia. El intervalo de muestreo de 933 hrs corresponde a los días del año 62 al 102 en ITS y 192 al 233 en Isla San Esteban en las series de tiempo. El rango promedio para ITS es para H_s , T_p , y D_p de 1.27 m (0.3-3.43 m), 9.9 s (4.1-14.2 s), y 244 grados (27-358 grados). Los perfiles de TKE promedio tienen intensidades bajas cerca del fondo que se incrementan hacia la superficie. La TKE promedio es $8 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ con un rango promedio de 6.82 mab a 42.82 mab de 2.9×10^{-3} a $10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$. Los perfiles de profundidad promedio de TKE van de 3.9×10^{-3} a $19.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$. La tasa de anisotropía se caracteriza por valores anisotrópicos cerca del fondo e isotropía cerca de la superficie. El promedio de la tasa de anisotropía es de 0.22 con un rango

promedio de 6.82 mab a 42.82 mab de 0.11 to 0.38. Los perfiles de profundidad promedio de anisotropía van de 0.09 a 0.36. La velocidad de corriente promedio se incrementa del fondo a la superficie con una velocidad promedio por profundidad de 0.075 ms^{-1} a 0.189 ms^{-1} del fondo a la superficie. Las corrientes son esencialmente dominadas por las mareas con un claro efecto del oleaje y el viento en el flujo de las capas superficiales. Los datos de Isla San Esteban son de mayor magnitud ya que las corrientes en el Golfo de California son más intensas. Se calcularon los tensores de Reynolds u'^2 , v'^2 , w'^2 , $u'w'$, and $v'w'$, donde u' (v') corresponde a la velocidad zonal (meridional) y w' a la velocidad vertical, respectivamente. Los resultados muestran que u'^2 , v'^2 , w'^2 , and $u'w'$ ($v'w'$) aumentan (disminuyen) del fondo hacia la superficie.

OCE-3

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DEL FRENTE DE ENSENADA

Manjarrez Fernández Omar Sebastián, Alvarado Graef Patricia, Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús, Fernández Díaz Violeta Zetzangari y Mejía Piña Karla Gabriela
Universidad Autónoma de Baja California
omar.manjarrez@uabc.edu.mx

El frente de Ensenada, un fenómeno persistente de mesoescala en el Sistema de la Corriente de California, desempeña un papel crucial al definir el límite entre las aguas oligotróficas al sur y las eutróficas al norte. Este fenómeno se extiende desde Punta Concepción, California, hasta Punta Vizcaino, Baja California. Sus desplazamientos hacia el norte amplían las zonas oligotróficas en México, mientras que los movimientos hacia el sur tienen el efecto contrario, lo que impacta directamente en el ecosistema marino de la costa oeste de México y, por lo tanto, en las pesquerías. A pesar de su relevancia, el frente carece de una descripción detallada de su variabilidad en el contexto del cambio climático. En esta investigación, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la variabilidad en la posición del frente de Ensenada durante el período de 1997 a 2020. Para ello, se emplearon datos satelitales de reflectancia proporcionados por el Servicio Nacional de Información Marina Copernicus. Estos datos, con una resolución semanal, capturados en longitudes de onda de 443, 490 y 555 nm, y con una resolución de píxeles de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ fueron procesados para calcular la concentración de clorofila a (Chl- a). Chl- a se determinó utilizando un algoritmo empírico regionalizado, y la ubicación del frente de Ensenada se estableció analizando el intervalo de Chl- a de 0.25-0.5 mg m^{-3} . Los resultados revelaron cambios significativos en la posición del frente de Ensenada a lo largo de los 23 años analizados. Este fenómeno fue detectado en latitudes más altas y a una mayor distancia de la costa en comparación con investigaciones anteriores. Estos hallazgos proporcionan nueva perspectiva sobre la dinámica del frente de Ensenada y sus posibles implicaciones en el contexto del cambio climático.

OCE-4

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN EL PACÍFICO NORTE MEXICANO

Ramírez Domínguez Adrian, Alvarado Graef Patricia, Fernández Díaz Violeta Zetzangari, Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús y Mejía Piña Karla Gabriela
Universidad Autónoma de Baja California
adrian.ramirez.dominguez@uabc.edu.mx

La temperatura superficial del mar (SST) desempeña un papel crucial, ya que el océano actúa como regulador térmico del planeta, ejerciendo influencia no sólo sobre el clima, sino sobre las corrientes oceánicas y la biodiversidad marina, entre otros. La comprensión de la variabilidad de la SST a través de análisis de series temporales resulta fundamental para evaluar el impacto de eventos climáticos en este entorno marino y cuantificar la magnitud de sus efectos. Dentro de este contexto, se identifican dos tipos de eventos extremos: las olas de calor (heatwaves) y los periodos de frío intenso (coldspells), caracterizados por temperaturas que superan o caen por debajo del percentil 90, respectivamente. Estos eventos

son de gran importancia debido a su considerable impacto en los ecosistemas marinos. Por tanto, la investigación y predicción de estos fenómenos adquieren una relevancia crucial para las costas mexicanas. Este estudio se enfoca en analizar los eventos extremos de SST en el Pacífico norte mexicano, empleando datos diarios provenientes de sensores remotos de SST (base de datos NOAA Optimal Interpolation) con una resolución espacial de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$. El período de análisis se extiende desde 1982 hasta 2022, y a partir de estos datos se generaron climatologías que permitieron examinar la variabilidad espacial asociada a los heatwaves y coldspells. Dentro de los hallazgos más relevantes se destaca el estudio del heatwave conocido como "Blob", que tuvo lugar en los años 2013 y 2016. Este fenómeno dejó efectos perdurables en los años subsiguientes, manifestando respuestas diferenciadas en función de la latitud y la distancia a la costa. Además, mediante una evaluación de los valores máximos y mínimos de SST en periodos quinquenales, se logró identificar un cambio en el ciclo estacional de la SST.

OCE-5

DISPERSIÓN Y DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE PARTICULAS DE TAMAÑO FINITO Y DENSIDAD VARIABLE LOCALIZADAS EN LA INTERFAZ OCÉANO-ATMÓSFERA

Espinosa Ramírez Alejandro Camilo¹ y Durán Colmenares Azucena Hermelinda²¹Servicio y Consultoría Especializadas del Carmen²Investigador independiente

acamilo.espinosa@gmail.com

En el Océano Pacífico Norte se localizan dos islas de basura. Una de ellas, la predominante, se encuentra al oeste de California y Baja California. La segunda se encuentra al sureste de Japón. Recientemente, se demostró que el movimiento generado por las corrientes oceánicas superficiales y el viento causan concentraciones de partículas flotantes, como boyas de deriva o basura plástica. En este trabajo, utilizamos vientos de reanálisis y corrientes superficiales modeladas para advectar partículas del tamaño de basura plástica y diferentes densidades. Obtenemos que la distribución y dispersión de la basura, dentro y fuera de estas islas, varía dependiendo del porcentaje de la partícula que sobresale de la interfaz mar-aire. Las partículas más ligeras se dispersan más que las pesadas los primeros tres años de simulación; después de los tres años, se invierte este proceso, es decir que las partículas más pesadas se dispersan más que las ligeras. Actualmente, realizamos más experimentos computacionales para determinar cómo se distribuyen espacialmente las partículas en función de su densidad; estas partículas parten al mismo tiempo de la misma posición.

OCE-6

COMPARACIÓN DE ÍNDICES DE SURGENCIAS EN TRES ZONAS COSTERAS DEL PACÍFICO NORORIENTAL

Flores Morales Ana Laura¹, Parés Sierra Alejandro Francisco², Pérez González Orlando¹, Ashida Hernández Eduardo² y Santiago García Mauro W.¹¹Facultad de Ciencias Marinas, UABC²Departamento de Oceanografía Física, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
alflores@uabc.edu.mx

Las surgencias costeras son uno de los fenómenos oceanográficos más estudiados, ya que es un factor clave de la productividad primaria en el océano. Es sabido que, uno de los principales forzantes de este fenómeno es el viento, y la mayoría de los índices de surgencia se calculan con el bombeo de Ekman. Sin embargo, aunque la temperatura superficial juega un papel importante en dicho fenómeno, hay pocos índices que la relacionan de forma directa. En este trabajo con datos de satélite y salidas de un modelo numérico se calculan índices de surgencia que relacionan tanto el viento como la temperatura superficial del mar de tres zonas costeras en el Pacífico Nororiental mexicano. Dichas zonas costeras son de vital importancia ya que forman parte del océano que colinda con tres sistemas lagunares altamente productivos, Bahía San Quintín, Bahía Vizcaíno y Bahía Magdalena-Almejas, todas en la península de Baja California. Se evalúa la intensidad de este fenómeno y el nivel de conexión de este fenómeno con estos sistemas lagunares.

OCE-7

INTERCAMBIO DEL GOLFO DE CALIFORNIA CON EL OCÉANO PACÍFICO: RESULTADOS DE UNA SIMULACIÓN DEL MODELO HYCOM

López Mariscal Manuel¹, Acosta Solís Gonzalo¹ y Zamudio Luis²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Florida State University
malope@cicese.mx

En el presente trabajo se analiza el intercambio del Golfo de California (GC) con el Océano Pacífico (OP) utilizando una simulación de un año (2011-2012) del modelo numérico global HyCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model). La simulación tiene una resolución de $(1/12.5^\circ)$ e incluye forzamiento de mareas. En el promedio anual del transporte de volumen en la boca del golfo se distinguieron 6 capas con agua entrando por arriba de los 65 m (0.13 Sv), $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$), saliendo entre 65 y 174 m (0.21 Sv) y entrando entre 175 y 372 m (0.13 Sv). En una sección zonal a

la mitad del golfo (sección de SR) se mantienen las mismas 3 capas de entrada y salida pero en la primera y segunda capas el transporte aumenta a 0.18 y 0.24 Sv , respectivamente. Mientras que en la tercera capa disminuye a 0.08 Sv . Además, la densidad potencial promedio en la primera capa entre la sección de la boca y la de SR aumenta en 0.7 kg/m^3 . Tanto el aumento de transporte como de densidad en la primera capa son consistentes con una surgencia de la segunda a la primera capa entre la boca y la sección de SR. Considerando el aumento de transporte en la primera capa y el área horizontal entre ambas secciones, se estima una velocidad vertical promedio de aproximadamente 5 cm/día . El ciclo estacional de transporte en la primera capa tiene un máximo de unos 0.8 Sv entrando en julio, lo cual coincide con el ciclo estacional del esfuerzo del viento que sopla hacia la cabeza también en verano. Sin embargo, la media del esfuerzo del viento es hacia la boca, y por sí mismo no puede explicar el flujo medio de entrada en la capa superficial.

OCE-8

CONECTIVIDAD Y TRANSPORTE LAGRANGIANO EN EL SISTEMA LAGUNAR BAHÍA MAGDALENA - BAHÍA ALMEJAS: UN ESTUDIO NUMÉRICO

Rodríguez Melgarejo Susana Abigail¹, Parés Sierra Alejandro Francisco¹ y Flores Morales Ana Laura²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Universidad Autónoma de Baja California

srodriguez@cicese.edu.mx

Se analiza la conectividad en el sistema lagunar Bahía Magdalena - Bahía Almeja con el océano adyacente usando un modelo costero no estructurado forzado por mareas (FVCOM). Se presenta la variabilidad de los transportes entre los diferentes canales del sistema y como se suceden siguiendo el ritmo marcado por las mareas en su variabilidad diurna y quincenal. Se encuentra una asincronía en el transportes de los diferentes canales y una secuencia clara en la alternancia de cambio en los volúmenes de las bahías y posterior flujo en los diferentes canales. El seguimiento y estudio estadístico de las trayectorias lagrangianas permitió encontrar una dinámica interesante de su conectividad residual y su circulación neta aún en el exterior del sistema; en algunos casos unidireccional y en otros incluso circular con partículas (estadísticamente) pasando de una bahía a la otra y al exterior para volver a incorporarse al sistema. Se presenta la síntesis de estas trayectorias preferenciales.

OCE-9

PROPAGATION CHARACTERISTICS AND DISPERSION MECHANISMS OF COASTAL TRAPPED WAVES GENERATED IN SEBASTIÁN VIZCAÍNO BAY

Thelandersson Amelia¹ y Ramos Musalem Karina²¹Gothenburg University, GU²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
amelia.th@hotmail.com

To accurately model the motion of water on the California Coast a wind forcing over Sebastián Vizcaíno bay (SVB) needs to be applied. Previous models of the coastal water outside of California don't take the SVB into account which leads to a loss of accuracy as some of the motion originates from the bay. The motion propagating from the bay is in part expressed as coastal trapped waves (CTWs) and the aim of this project is to classify what impact the SVB has on their generation and characteristics. Two models have been generated in MITgcm (MIT general circulation model), one with the real coastline and one where the bay has been removed. They simulate a fast wind event over the area from 27°N on the Baja California Peninsula up to 35.3°N , in the Southern California Bight, using horizontally homogenous stratification and real bathymetry. The analysis of the resulting signal is complemented with a linear model that numerically classifies linearised CTWs to find expected and allowed waves and their modal composition. The CTWs found in the model presented the following characteristics: a period of about 1.1 days, phase speeds between $1\text{-}5 \text{ m/s}$ and wavelengths between $97\text{-}490 \text{ km}$. When compared to the numerical calculation the value follows similar trends and the dominating mode is determined to be mode 1, with modal weight decreasing with increasing modal number. Phase speed and wavelength vary greatly which due to the construction of the MITgcm model is attributed to variation in topography. Abrupt variations in topography, presented as changes in slope steepness, shelf width and total depth, are associated with a local decrease in phase speed and a local displacement of energy to lower modes and to other frequencies. Due to a lack of knowledge of the linear model's performance on complex topography, an investigation on a smoother coastline could lead to better performance. Further investigation may benefit from considering the effect of variations in friction, wind and stratification.

OCE-10

DESCRIPCIÓN LAGRANGIANA DEL TRANSPORTE DE LOS REMOLINOS ANTICICLÓNICOS QUE SE FORMAN EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC

Velázquez-Galván Eber Gustavo¹, Mancho Ana María² y Velázquez-Muñoz Federico Angel³¹Universidad de Guadalajara, MCH²Instituto de Ciencias Matemáticas, CSIC³Departamento de Física, Universidad de Guadalajara
eber.velazquez@alumnos.udg.mx

En este trabajo se presenta un estudio lagrangiano de los remolinos anticiclónicos que se generan frente al Golfo de Tehuantepec. Estos remolinos se crean durante invierno y viajan hacia el oeste por miles de kilómetros durante meses. Durante el proceso de formación, los remolinos capturan agua cálida superficial cercana a la costa y agua subsuperficial que se origina por mezcla y surgencia causadas por el viento. Considerando que a lo largo de su recorrido por el Pacífico Tropical los remolinos liberan parte del agua que los forma y al mismo tiempo capturan agua de las zonas circundantes buscamos identificar cómo es este proceso. Para este trabajo usamos datos de velocidad superficial de la corriente del producto GLORYS12V1 y tomamos un periodo de tiempo que muestran la evolución de un remolino característico. A partir del campo de velocidades se resolvieron las ecuaciones que describen el movimiento de una partícula en coordenadas geográficas y mediante el cálculo de estructuras coherentes lagrangianas podemos observar la geometría y las trayectorias del fluido dentro y fuera del remolino. Los resultados obtenidos muestran que existen intercambios de masas de agua entre el remolino y el océano que lo rodea. El proceso donde el remolino intercambia el agua está descrito por tres zonas características; La primera es una zona donde el remolino atrapa agua de diferentes regiones del exterior y se genera mezcla entre ellas; En la segunda zona la mezcla se produce a partir de masas del interior y del exterior del remolino; La tercera zona es la región donde el remolino es coherente, esto es, donde la estructura interna del remolino no se rompe por lo que no hay un intercambio con el exterior. Este patrón de intercambio de masas de agua se observó a lo largo de la trayectoria del remolino, sin embargo, cuando el remolino comienza a disiparse observamos que existe una ruptura en la zona coherente, provocando intercambios de masas de agua del interior con el exterior y viceversa.

OCE-11

LA VIDA EFÍMERA DE LOS DIPOLOS OCEÁNICOS EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC

Santiago García Mauro W.¹, Ahumada Sempol Miguel Angel²,
Sepúlveda Allende Andrés³ y Reyes Hernández Cristóbal²¹Universidad Autónoma de Baja California²Universidad del Mar, UIMAR³Universidad de Concepción

wsantiago@uabc.edu.mx

El Golfo de Tehuantepec (GoTeh) es una de las regiones del Pacífico Tropical. Este con influencia de vientos intensos capaces de generar dipolos de mesoescala, esto es, dos vórtices que giran en sentidos opuestos. Ambos vórtices podrían trasladarse hacia el oeste por el efecto beta, sin embargo, observaciones directas y simulaciones numéricas han documentado solo el fortalecimiento y la traslación del vórtice anticiclónico, mientras que, la estructura del vórtice ciclónico es escasamente reportada en la literatura. Esta investigación analiza la generación y la evolución de los dipolos en el Golfo de Tehuantepec con el modelo CROCO. El modelo tiene una resolución de ~9 km en la horizontal y 42 capas sigma en la vertical, para el forzamiento superficial se usaron datos de ERA5 (horarios), las condiciones de frontera se obtuvieron de la base de datos de COPERNICUS, la batimetría fue obtenida de la base de datos de GEBCO y para la mezcla vertical se usó el esquema de parametrización de capa límite con perfil K. Los resultados mostraron que los dipolos en el GoTeh tienen un periodo de vida del orden de semanas, la erosión del vórtice ciclónico fue asociado a los eventos de vientos Tehuanos, que generalmente se presentan de forma intermitente con periodos de calma de ~10 d, principalmente en invierno. Finalmente, se analizó la estructura vertical de los vórtices del dipolo y el intercambio de materiales entre los vórtices mediante trazadores lagrangianos.

OCE-12

CONECTIVIDAD DEL ICTIOPLANCTON ENTRE EL PARQUE NACIONAL CABO PULMO Y EL ÁREA OCEÁNICA ADYACENTE

Gutiérrez Moreno Diana Carolina¹, Sánchez Velasco Laura²,
Tenorio Fernández Leonardo³ y Montes Aréchiga Jorge⁴¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN²CICIMAR³CONACYT IPN⁴Universidad de Guadalajara

dgutierrezm2200@alumno.ipn.mx

El Parque Nacional Cabo Pulmo (PNCP) se encuentra en el extremo sureste de la Península de Baja California, en una región oceanográfica de transición donde la interacción de masas de agua, la estacionalidad y la persistente actividad de

mesoescala generan condiciones oceanográficas que podrían influir en los procesos biológicos. Aunque el Parque ha sido considerado un ejemplo de rehabilitación ecosistémica, no se ha evaluado si la actividad de mesoescala registrada frente al PNCP favorece el reclutamiento de la mayoría de las especies de peces en las áreas de desove. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar las salidas de un modelo de transporte de partículas con configuración semejante a las propiedades físicas de huevos de peces (diámetro/flotabilidad), para visualizar las rutas de conectividad de larvas y huevos de peces en la región. Durante el otoño de 2022, la observación de datos satelitales de velocidades geostróficas (ms⁻¹) y la altura superficial del mar sobre el geode (m) reveló la presencia de un remolino anticiclónico de aproximadamente 90 km de diámetro frente al PNCP. Durante ese mismo periodo, se llevaron a cabo observaciones in situ a bordo de un crucero oceanográfico y se recolectaron muestras de zooplankton en tres niveles de profundidad (capa de mezcla, capa de oxiclina y capa hipóxica) en cuatro transectos perpendiculares a la línea de costa. Estos transectos se ubicaron desde los 18 km frente a la costa del Parque (estaciones costeras) hasta aproximadamente 60 km de distancia (estaciones oceánicas). Las abundancias de larvas de peces por estación y nivel de muestreo se utilizaron como referencia para configurar la simulación de partículas en un modelo de transporte lagrangiano modelado por OpenDrift. Las mayores abundancias de larvas de peces (ind. 100m⁻³) se observaron en la capa de oxiclina, seguidas por la capa de mezcla, y las menores se asociaron con la capa hipóxica. Las mayores abundancias estuvieron vinculadas a las estaciones más oceánicas en los tres niveles de muestreo. La simulación de las trayectorias de partículas se realizó durante un periodo de 10 días y los resultados revelaron diferencias en las rutas de las partículas entre las estaciones costeras y oceánicas. Las partículas de la capa de mezcla de las estaciones costeras fueron arrastradas por un flujo paralelo cercano a la costa en dirección norte, mientras que la trayectoria de las partículas en las estaciones más oceánicas pareció estar influenciada por el borde del remolino anticiclónico. Estos hallazgos sugieren que la actividad de mesoescala observada frente a Cabo Pulmo podría apoyar el reclutamiento de diversas especies de peces cerca de sus áreas de desove.

OCE-13

CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA Y ESTRUCTURA VERTICAL FÍSICA Y BIOGEOQUÍMICA DE UN REMOLINO DE LA CORRIENTE DE LAZO A PARTIR DE UN MUESTREO MULTI-PLATAFORMA*

Pallás Sanz Enric¹, Tenreiro Miguél², Ruiz Angulo Angel³, Linacre Lorena², Sampeiro Guillermo⁴, Herzka Sharon⁵, Mirabal Uriel⁶, Sánchez Citali⁷, Muñoz Mariana⁸, Morales Edwin⁹, Cervantes Gabriela⁴, Santander Jonatan⁴, Uribe Alicia⁴, Gentil Mathieu², Ullao Marco⁴, Velasquez Jorge⁴, Hernández Ayón Martín⁴, Camacho Víctor⁴, Sheinbaum Julio², Romero Centeno Rosario⁴, Saavedra Johanna⁴, Villacaña Adrián⁴, Cusi Simón⁴ y Aranda Eliot²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²CICESE³Universidad de Islandia⁴UABC⁵IPN⁶ICAYCC - UNAM⁷EMSO

epallas@cicese.mx

Entre el 9 y 17 de noviembre de 2022, se muestreó un remolino joven de la Corriente de Lazo (RCL) en el golfo de México central a bordo del buque oceanográfico (B/O) Pelican utilizando: (i) una roseta equipada de 12-24 botellas Niskin, sensores físicos (CTD y ADCP) y biogeoquímicos ópticos (clorofila-a, coeficiente de atenuación, materia orgánica disuelta coloreada y oxígeno disuelto), (ii) un sensor de microestructura de caída libre de Rockland Scientific, y (iii) dos planeadores submarinos. Se describe en detalle la física (hidrografía y velocidad horizontal) y las propiedades biogeoquímicas del RCL desde un punto de vista multi-plataforma. El correntímetro acústico montado a bordo del B/O Pelican y los planeadores submarinos proveen, respectivamente, la velocidad horizontal y la hidrografía, así como las propiedades biogeoquímicas de alta resolución a través del RCL. El perfilador de microestructura proporciona medidas directas de la tasa de disipación de la energía cinética turbulenta en la periferia del remolino. Se aborda la dinámica geostrófica y ageostrófica incluyendo el diagnóstico de la velocidad vertical a partir de la ecuación omega bidimensional. En la periferia occidental del remolino, por primera vez, se miden tasas elevadas de disipación turbulenta asociadas a la formación de capas alternantes, positiva y negativa, de la anomalía de variables termohalinas (i.e., layering) y biogeoquímicas. En el centro del remolino, en ausencia de disipación lateral, los vientos asociados a eventos de Norte, fríos e intensos (~10 m/s), promueven un aumento de la clorofila-a en la zona eufótica. Sin embargo, no existe un patrón claro de incremento en la biomasa de fitoplancton, poniendo en duda la fertilización por inyección de nutrientes tras el paso del Norte. Filamentos con elevada retrodispersión de la luz subducen en la periferia del RCL por debajo de la termoclina y se extienden hasta el núcleo del remolino. Este mecanismo está relacionado con la velocidad vertical debida a la deformación del RCL y favorece el "secuestro" de carbono orgánico estimulando la bomba biológica del carbono. Observaciones históricas de la flota de planeadores submarinos del Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG), sugieren que la estructura vertical y los procesos típicos descritos aquí se observan en algún momento del ciclo de vida de la mayoría de los RCL que interactúan con la mesoescala circundante y con la topografía del golfo de México. La estructura vertical detallada y la intensidad de los procesos de mezcla son diferentes de un RCL a otro y pueden ser una función de la temporada del año, del desprendimiento,

tamaño y tipo de deformaciones que sufre el RCL durante su propagación al oeste de la cuenca. Modelos numéricos son utilizados para investigar estos procesos.
* Proyecto CONAHCYT FORDECYT-PRONACES #1327709, "Florecimientos de fitoplancton en un remolino de la corriente de Lazo"

OCE-14

EL ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE UN REMOLINO DE LA CORRIENTE DE LAZO (RCL) DURANTE UN EVENTO DE NORTE SEGÚN NEMO-PISCES

Andrade-Canto Fernando
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
andcanfer@gmail.com

La interacción entre remolinos y vientos intensos puede tener implicaciones relevantes en los procesos físico-biológicos. Durante la campaña interdisciplinaria PhytoBloomEddy, llevada a cabo del 8 al 17 de noviembre del 2022, se recabaron datos físicos, químicos y biológicos para cuantificar los vínculos entre la biomasa del fitoplancton y la estructura de la comunidad con nutrientes y mezcla vertical durante la interacción de un remolino anticiclónico, recién liberado de la corriente de Lazo (RCL), con un evento de vientos Norte. Se analiza la evolución del RCL durante el paso del norte utilizando el modelo acoplado biogeoquímico NEMO-PISCES (Nucleus for European Modelling of the Ocean) -(Pelagic Interactions Scheme for Carbon and Ecosystem Studies). Para poder simular el RCL durante el periodo de interés (8-17 de noviembre) y que a su vez las variables biológicas estén bien establecidas, se utilizó un restart correspondiente al invierno del 2018 de una configuración previa (resolución espacial de 3.6 km, 75 niveles verticales y una duración de ejecución de 5 años: 2016-2022) y se ejecutó del 1 de octubre al 15 de diciembre del 2022. Los resultados de este experimento se comparan con los datos obtenidos en la campaña PhytoBloomEddy de noviembre del 2022. Finalmente se describe y analiza la evolución físico-bioquímica en el interior del RCL antes, durante y después del evento norte.

OCE-15

LAYERING Y TRANSFORMACIÓN DE MASAS DE AGUA EN UN REMOLINO DE LA CORRIENTE DE LAZO: PERSPECTIVAS DESDE OBSERVACIONES DE TURBULENCIA Y MEZCLA

Gentil Mathieu¹, Pallàs Sanz Enric¹, Ruiz Angulo Angel²,
Meunier Thomas³, Tenreiro Miguel¹ y Allis Estrada Sheila Natali¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Universidad de Islandia

³Woods Hole Oceanographic Institution, EUA
gentil@cicese.mx

El Layering en los remolinos de la Corriente de Lazo (RCL), puede atribuirse al movimiento de un trazador por el flujo azimutal de corte vertical del remolino, lo que resulta en capas alternas de formación de sal y regiones de convección difusiva. Comprender la estructura termohalina y los procesos físicos que generan el layering en los RCL es crucial, ya que puede influir en los flujos de calor y la transformación de masas de agua debido a la mezcla turbulenta. A pesar de su importancia, aún no se ha explorado ampliamente el impacto del layering en la turbulencia y la mezcla. Utilizando 8 días de mediciones a bordo del buque oceanográfico (B/O) Pelican de CTD (Conductivity-Temperature-Depth), ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) y corte vertical de microestructura, caracterizamos la tasa de disipación turbulenta y sus factores impulsores en un joven RCL en el Golfo de México central. La disipación turbulenta muestra una distribución bimodal, lo que indica una heterogeneidad de mezcla vertical en la columna de agua. La disipación es, en promedio, más alta en el núcleo ($7.7 \times 10^{-9} \text{ W kg}^{-1}$), en contraste con los resultados anteriores que mostraban condiciones calmas en el núcleo del remolino. También identificamos y estudiamos las masas de agua en función de sus características de temperatura, salinidad y oxígeno. Estas capas se observan profundizando hacia el núcleo del remolino, lo que es consistente con el hundimiento de las isopícnas. El layering se detecta a una profundidad de 150-200 m tanto fuera como en la periferia del RCL, cerca de la región de Gulf Common Water (GCW) y de la Subtropical Underwater (SUW), respectivamente. A estas profundidades, se mide un máximo subsuperficial de disipación turbulenta ($>10^{-8} \text{ W kg}^{-1}$), que no corresponde a una masa de agua bien definida, lo que indica regiones de intensa mezcla. Estos resultados sugieren una implicación del layering en la transformación de las masas de agua SUW y GCW en el Golfo de México. Para evaluar cuantitativamente el impacto del layering, tenemos previsto analizar los flujos de calor turbulentos horizontales y aplicar modelos de curvas de temperatura-salinidad para determinar la proporción de masas de agua presentes en la capa mezclada afectada por el layering.

OCE-16

HACIA UN SISTEMA DE MODELACIÓN ACOPLADA OCÉANO-ATMÓSFERA EN EL GOLFO DE MÉXICO: INTERACCIÓN ENTRE UN REMOLINO DE MESOESCALA Y EVENTOS DE NORTES

García Martínez Ivonne y Sheinbaum Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
igarcia@cicese.mx

Se presentan simulaciones numéricas de alta resolución (3 km) realizadas con el modelo oceánico NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) diseñadas para estudiar los mecanismos físicos de interacción entre un remolino anticiclónico en el Golfo de México (GoM) y eventos de Nortes. Para este fin, se contrastan experimentos en donde se incluye o no el efecto de las corrientes oceánicas en la parametrización del esfuerzo del viento (current feedback, CFB). El periodo de simulación es noviembre de 2022, durante el cual se realizó una campaña observacional en el GoM como parte del proyecto "Florecimientos de fitoplancton en un remolino de la Corriente del Lazo". Las simulaciones numéricas con NEMO logran reproducir exitosamente la ubicación, patrón espacial y la distribución de las propiedades físicas en la vertical del remolino muestreado durante el crucero observacional. Se identifica, además, la respuesta dinámica del océano antes, durante y después del paso de un Norte. Este estudio está dirigido hacia la implementación de un sistema de modelación acoplada océano-atmósfera de alta resolución en el Golfo de México que permita potenciales mejoras en la representación de los procesos en la interfaz aire-mar como los aquí analizados.

OCE-17

ESTUDIO NUMÉRICO SOBRE MECANISMOS FÍSICOS QUE IMPACTAN EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE REMOLINOS ANTICICLÓNICOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Estrada Allis Sheila Natali, Guerrero Moreno Lorena,
Chacón-Anguiano Karla y Sheinbaum Pardo Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
sheila@cicese.mx

Los remolinos anticiclónicos de la Corriente del Lazo del Golfo de México (GoM) son responsables de gran parte de la dinámica de mesoescala de las aguas profundas del Golfo. Capaces de transportar masas de agua y aguas ricas en nutrientes provenientes del Caribe, estos remolinos son además fuente de vida en un mar oligotrófico aguas adentro. Sin embargo, los mecanismos responsables del transporte vertical de nutrientes y la proliferación de la productividad primaria dentro de los remolinos no están completamente entendidos. En el marco del proyecto de sinergia de Ciencia de Frontera 2019, PhytoBloomEddy, se analiza la respuesta biogeoquímica a la dinámica de mesoescala y sub mesoescala dentro de un remolino anticiclónico simulado numéricamente. Para este estudio se configuró un modelo hidrodinámico ROMS acoplado al modelo biogeoquímico FENNEL con dos resoluciones y dominios: (i) resolución horizontal de 5 km que abarca todo el GoM y parte del Caribe mexicano (LR) y (ii) modelo anidado de menor resolución horizontal de 1 km centrado en el centro del GoM (HR). Se evalúan los resultados del modelo con las observaciones realizadas durante el crucero, partiendo de condiciones iniciales cercanas a las del muestreo (noviembre de 2022). Los resultados más importantes indican un aumento del 30% de la productividad primaria durante meses invernales en remolinos simulados con mayor resolución horizontal (1 km) en oposición a remolinos simulados con menor resolución (5 km). Los mecanismos físicos responsables del aumento de la productividad sugieren estar más relacionados con la mezcla vertical que con los procesos de bombeo de Ekman. Finalmente, se discuten posibles enfoques para futuros estudios sobre la bomba biológica dentro de remolinos anticiclónicos del GoM.

OCE-18

RESPUESTA DE UN REMOLINO DE LA CORRIENTE DEL LAZO A UN EVENTO DE NORTE PROBANDO DIFERENTES APROXIMACIONES DE VIENTO RELATIVO Y MEZCLA DIAPICNA, USANDO EL MODELO HYCOM

Olvera Prado Erick R.¹, Zavala Hidalgo Jorge² y Romero Centeno Rosario²

¹Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

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

erick@atmosfera.unam.mx

Se implementan simulaciones regionales a corto plazo del Golfo de México usando el modelo HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM), que cubren el periodo correspondiente en que se realizó la campaña oceanográfica PhytoBloomEddy (8-17 noviembre, 2022) en el Golfo de México central, dentro del proyecto "Florecimientos de Fitoplancton en un Remolino de la Corriente de Lazo". Uno de los objetivos de dicha campaña es comprender los mecanismos que controlan la biomasa del fitoplancton dentro de un Remolino de la Corriente del Lazo (RCL) durante el paso de un evento de Norte, tal como la interacción remolino-viento. Con el modelo, se evalúa la respuesta de un RCL recién desprendido a la interacción con el viento producido por el evento de Norte. Se prueban diferentes casos del efecto de las

corrientes superficiales en la transferencia de momento y parametrizaciones de mezcla diapirna, mediante la implementación de una serie de simulaciones en las que se pasa de un estado de viento absoluto a uno de viento relativo de manera gradual y, al mismo tiempo, probando distintos modelos de mezcla vertical. Finalmente, se evalúa el desempeño del modelo para reproducir las condiciones reales del RCL, mediante su comparación con las observaciones recolectadas en la campaña oceanográfica.

OCE-19

¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES QUE PROPICIAN EL DESPRENDIMIENTO Y SEPARACIÓN DE LOS REMOLINOS DE LA CORRIENTE DE LAZO?

Larrañaga Marco¹, Jouanno Julien² y Renault Lionel²¹LEGOS/CNRS²IRD/LEGOS

marco-jesus.larranaga-fu@univ-tlse3.fr

Los remolinos de la Corriente de Lazo tienen implicaciones significativas en la dinámica oceánica y atmosférica de la región. Transportan agua cálida y salada del Mar Caribe al Golfo de México, distribuyéndola gradualmente mientras se desplazan hacia el oeste del Golfo. Además, al actuar como reservorios de calor, estos remolinos pueden intensificar tormentas y huracanes a través de los flujos superficiales de calor. Sin embargo, a pesar de la necesidad de anticipar la ocurrencia de estos remolinos, las diversas configuraciones de la Corriente de Lazo previas a los eventos de desprendimiento o separación, aunado a la irregularidad en el periodo de su ocurrencia, dificultan la comprensión de las condiciones que los propician. En este estudio, se utilizan 29 años de datos de altimetría satelital (1993-2021) para investigar las condiciones que favorecen tanto la separación (47% de los casos) como la reabsorción (53% de los casos) de los remolinos desprendidos de la Corriente de Lazo. A través de una clasificación basada en la latitud donde se desprenden los remolinos de la Corriente de Lazo, hemos identificado que estos ocurren principalmente entre los 22°N y 28°N, y que la latitud de desprendimiento conlleva importantes implicaciones en el destino de los remolinos. Por otro lado, observamos que los remolinos desprendidos en latitudes por debajo de 25°N son más propensos a ser reabsorbidos por la Corriente de Lazo, mientras que los desprendidos en latitudes superiores son más propensos a separarse por completo. Además, destacamos 3 elementos clave en el desprendimiento y separación de remolinos: i) La longitud de la Corriente de Lazo no está relacionada con la separación o reabsorción de los remolinos, pero sí con los desprendimientos, los cuales ocurren frecuentemente cuando la Corriente de Lazo alcanza el talud en forma de abanico al sureste del Delta del Río Misisipi. ii) La intensificación de remolinos ciclónicos ubicados entre la Corriente de Lazo y la plataforma de la Florida desempeñan un papel clave y sistemático en el desprendimiento de los remolinos. iii) La formación de una estructura ciclónica frente a la Corriente de Lazo permite la completa separación de los remolinos desprendidos, bloqueando la capacidad de la corriente para reabsorberlos. Esta estructura ciclónica resulta de la fusión de remolinos ciclónicos al oeste de la Florida y de remolinos ciclónicos del Caribe al oeste de la Corriente de Lazo.

OCE-20

CARACTERIZACIÓN DE LOS REMOLINOS FRONTERALES DE LA FRONTERA OESTE DE LA CORRIENTE DE LAZO

Cisneros Sebastian, Pallàs Sanz Enric y Tenreiro Miguel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

cisneros@cicese.edu.mx

Con imágenes satelitales y un método de detección de remolinos, se identificó una gran número de remolinos frontales de la Corriente de Lazo (LCFEs), al noreste de Banco de Campeche (entre 86.5°O y 23.5°N), con radios de 25-60 km. Esta región se caracteriza por la presencia de la muesca o cañón submarino, con un marcado gradiente batimétrico hasta los 500m aproximadamente. Debido a la naturaleza de la topografía y a las variaciones que presenta la corriente de Yucatán, esta interacción podría explicar la surgencia y la generación de remolinos en esta zona. Utilizando simulaciones numéricas de alta resolución ($\Delta x = \Delta y = 8.6$ km) en el Golfo de México, se lograron reproducir ciclones en la muesca. Entre el periodo de 2006 y 2010 se identificaron 42 remolinos en total, y se dividieron en dos grupos: i) LCFEs de baja frecuencia (periodo > 20 días), estos juegan un rol en el desprendimiento de los anticiclones en la Corriente de Lazo y ii) LCFEs de alta frecuencia en una banda estrecha con periodos de entre 4 y 10 días. En profundidad se observa una elevación pronunciada de las isopícnas desde los 400m hasta los 50m, con diferencia en la posición de este bombeo, es decir más cerca o alejado de la plataforma según el tipo de LCFE. Se analizaron las masas de agua presente en cada uno de los ciclones, y no se encontraron muchas diferencias entre estos. Presentaron, principalmente, Agua Superficial del Caribe, y Agua Común del Golfo. Considerando que los remolinos están centrados en la región de la muesca, se analizaron diagramas Hovmuller en 22.86°N. En superficie, se observa una señal negativa de la componente meridional de velocidad, y contornos cerrados de vorticidad positiva que coinciden con la ocurrencia de LCFEs. En profundidad, a 50 y 100m, se ve también la señal en temperatura, con parches de agua fría que se extienden desde el área pegada a la plataforma, hasta casi todo el cañón en algunos casos.

OCE-21

VERTICAL VELOCITY ESTIMATES FOR A LOOP CURRENT EDDY IN THE GULF OF MEXICO

Ruiz-Angulo Ángel¹, Pallàs Sanz Enric², Tenreiro Miguel², Gentil Mathieu², Meunier Thomas³, Estrada-Allis Sheila⁴, García Córdova Joaquín A.² y Sheinbaum Julio²¹University of Iceland, UI²CICESE³WHOI

angel@hi.is

Loop Current Eddies (LCE) in the Gulf of Mexico (GoM) are mesoscale structures that significantly contribute to the distribution of physical, chemical and biological tracers such as phytoplankton within the GoM. The mechanisms responsible for vertical and horizontal distribution of these tracers are not very well understood. During November 2022 the PhytoBloom experiment* was carried out, a remarkable observational survey of a young LCE in the GoM onboard the R/V Pelican. The observations included both biochemical and physical variables to estimate the vertical fluxes of nutrients within the eddy responsible for the distribution of phytoplankton. The vertical velocity within this eddy is derived from both LADCP and CTD data, which is then compared to the vertical velocity derived from both the glider and CTD data. A two dimensional version of the omega equation is used to infer mesoscale vertical velocity from density and velocity data across the eddy and compute vertical fluxes. Furthermore, the variance of the vertical velocity is used as a proxy for the vertical turbulent diffusivity parameters which are compared with the Vertical Microstructure Profiler direct measurements. The estimates of the vertical velocity within a LCE and the turbulent fluxes contribute to understanding the mechanisms responsible for the vertical distribution and variability of phytoplankton associated with mesoscale eddies. This biological pump, including all the mixture of variables and mechanisms, can alter the CO₂ concentration; thus, its variability may have an impact in the current changing climate. * Proyecto CONAHCYT FORDECYT-PRONACES #1327709, "Florecimientos de fitoplancton en un remolino de la corriente de Lazo"

OCE-22

CICLO ESTACIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO: TENDENCIA Y PROPIEDADES

Tenreiro Miguel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

tenreiro@cicese.mx

La circulación del golfo de México está modelada por la dinámica de remolinos de mesoescala. El desprendimiento de remolinos anticiclónicos del sistema de la corriente de Lazo, su propagación y posterior decaimiento en la región más al oeste del golfo ha dominado el interés científico de la región, con especial énfasis en términos energéticos y del transporte de propiedades termohalinas y biogeoquímicas de origen caribeño hacia el interior del golfo. Para estudiar el efecto del calentamiento global en el golfo de México y su implicación en los procesos físicos y biológicos, se necesitan series de tiempo largas de variables oceanográficas esenciales para analizar patrones y tendencias climatológicas del sistema. El objetivo del trabajo es justificar la necesidad de continuar un monitoreo ambiental sostenido en el golfo de México utilizando planeadores submarinos autónomos para proporcionar la información necesaria de una región que es fuertemente explorada y explotada por las industrias pesquera y energética. Se mostrará que los planeadores submarinos autónomos son la plataforma idónea para estudiar los procesos a diferentes escalas tanto espaciales como temporales. Se analizarán datos termohalinos y biogeoquímicos obtenidos por la flota de Seaglidors del Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) durante el periodo 2016-2023 y se discute el ciclo estacional del golfo de México y los posibles efectos del calentamiento global sobre la variabilidad de baja frecuencia de sus propiedades.

OCE-23

QUETZAL-UNAM, SISTEMA EN LÍNEA PARA EL PRONÓSTICO DE TRAYECTORIA DE DERRAMES DE PETRÓLEO

Robles Roldán Miguel Ángel¹, Velasco Zavala Jorge Eduardo¹, Cuellar Urbano Mayra¹, Durango Mendoza Alexis², Zavala Hidalgo Jorge¹ y Romero Centeno Rosario¹¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM²Facultad de Ingeniería, UNAM

miguel.robles@atmosfera.unam.mx

El Golfo de México se destaca como una de las regiones más importantes a nivel mundial para la producción de petróleo y gas. Sin embargo, este estatus ha dado lugar a situaciones lamentables, ya que ha sido testigo de algunos de los derrames de petróleo más grandes en la historia. Debido a esta problemática, resulta de suma importancia emprender acciones preventivas para mitigar los efectos adversos de futuros derrames. En este contexto, el Grupo Interacción Océano-Atmósfera (IOA) del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM, y como parte del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), ha desarrollado una plataforma interactiva. Esta plataforma, denominada Quetzal-UNAM, facilita la simulación a través de una página web con el objetivo de pronosticar la trayectoria superficial de posibles derrames de petróleo en cualquier punto de la zona marítima del Golfo de México. Quetzal-UNAM permite a los usuarios seleccionar variables

como el tipo de hidrocarburo, la fecha y la ubicación del derrame, así como la cantidad de hidrocarburo involucrado, entre otros parámetros. Para lograrlo, el sistema se basa en datos de pronósticos de corrientes oceánicas y vientos en la superficie. Los datos de corrientes oceánicas se obtienen de salidas del modelo HYCOM configurado por el Grupo IOA (HYCOM-UNAM), o directamente del Consorcio HYCOM o del modelo NCOM, mientras que los datos de viento provienen de las salidas del modelo WRF (WRF-UNAM). En consecuencia, esta iniciativa genera un recurso altamente valioso para los equipos de respuesta ante derrames de petróleo, contribuyendo de manera significativa a la reducción del impacto ambiental, social y económico que dichos eventos puedan ocasionar.

OCE-24

¿QUÉ TANTO ES TANTITO? MONITOREO OPERACIONAL DE LA PRESENCIA DE PETRÓLEO EN EL GOLFO DE MÉXICO PARA UNA ALERTA TEMPRANA DE DERRAMES BASADO EN CIENCIA

Uribe-Martínez Abigail¹, Cruz-Pech Johnny Bryan², Trujillo-Cordova Jorge A.², Cupido-Santamaria Deysi Guadalupe², Herguera-García Juan Carlos³, Espinoza-Tenorio Alejandro² y Cuevas Eduardo⁴

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

²ECOSUR-Campeche

³CICESE

⁴Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

abigailum@gmail.com

Durante el 2023 se han visibilizado mediáticamente varios incidentes relacionados con la industria del petróleo en México como la explosión en Nohoch-Alfa y el derrame desde un ducto en el campo Balam, ambos ocurridos en julio de este año. Sin embargo, mucho debate se ha generado a partir de la exposición en medios nacionales e internacionales de imágenes satelitales que muestran presencia de petróleo y el contraste con las declaraciones oficiales. En este trabajo presentamos un análisis de la distribución espacial de la presencia de petróleo en la Sonda de Campeche diferenciada entre emanaciones naturales y eventos clasificados como “no naturales” entre el 2018 y 2023 con el objetivo de proveer información robusta y consistente para el manejo de contingencias ocasionadas por derrames de magnitudes considerables. Se descargaron y procesaron más de 1500 imágenes satelitales de sensores ópticos y de Radar de Apertura Sintética para determinar por interpretación visual la presencia de petróleo en aguas de la Sonda de Campeche. En los casos en los que se determinó la presencia de petróleo, se delimitaron polígonos diferenciando gradientes de concentración de acuerdo con el código BAOAC (Bonn Agreement Oil Appearance Code) y se clasificaron como naturales o no naturales por sus características espaciales y respuesta de color. Se determinaron estadísticas básicas de extensión de forma diferenciada para el petróleo de origen natural o no natural, así como la ubicación recurrente en cada caso. Estos resultados muestran que la presencia de petróleo clasificada como emanación natural no supera las 1,000 ha (máximo estadístico) por evento con códigos BAOAC 1 y 2. Por otro lado, los eventos clasificados como no naturales superan las 2,000 ha en la mayoría de los casos y pueden alcanzar hasta 25,000 ha, con códigos BAOAC desde 1, hasta 5. Existen casos en los que no se pudo determinar el origen o bien en los que se observan combinaciones, como en el caso registrado el 13 de marzo de 2023 que alcanzó las 18 000 ha, aparentemente desde una chapopotería, pero con evidencia de fusión con otras emanaciones. En todos los casos, la concentración de puntos de origen se circunscribe a la zona de Cantarell y sus inmediaciones, con eventos aislados en las costas de Tabasco y Veracruz. Los resultados de esta investigación resumen el conocimiento adquirido hasta el momento durante 4 años de monitoreo y abonan a generar criterios robustos basados en datos para la identificación de derrames que deben ser alertados de forma oportuna para su contención, manejo para la minimización de impactos ambientales y compensación de los daños potencialmente ocasionados por dichos eventos.

OCE-25

CONTRACORRIENTE SUBSUPERFICIAL DE YUCATÁN

Reyes Jiménez Tania¹, Athie Gabriela¹, Enríquez Cecilia², Sheinbaum Julio³, Marín Hernández Mark¹, Salas Monreal David¹, Mariño Tapia Ismael² y Candela Julio²

¹Universidad Veracruzana, UV

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
taniarejim@gmail.com

La contracorriente subsuperficial en el quiebre de la plataforma de Yucatán ha sido observada desde los primeros estudios dedicados a la surgencia de Yucatán, argumentando que los dos fenómenos están directamente relacionados. Además, ha sido considerada como un elemento importante en la dinámica de la región oeste del canal de Yucatán; sin embargo, no se han dedicado trabajos específicos a encontrar su origen y trayectoria. En el presente trabajo se analizaron 7 años de observaciones directas (in situ; de febrero de 2008 a julio de 2014) de perfiles de velocidad por arriba de los 200 m de profundidad en el oeste del canal de Yucatán, con los que se realizó una primera aproximación del origen, trayectoria y descripción detallada del comportamiento de esta contracorriente a lo largo del año. Adicionalmente, las observaciones se complementaron con datos de velocidad en diferentes niveles verticales, obtenidos con el modelo numérico HYCOM en la región del canal de

Yucatán, mar Caribe y golfo de México. Se encontró que la contracorriente forma parte del sistema dinámico de la corriente de Lazo dentro del golfo de México y que su presencia está determinada por movimientos longitudinales (meandros) de la corriente de Yucatán del orden de 10 km. Así mismo, con datos de temperatura cercana al fondo, se observó que la contracorriente y la surgencia son fenómenos independientes que pueden coincidir en el tiempo, más no dependen uno del otro dinámicamente.

OCE-26

INFLUENCIA DE FACTORES FÍSICOS EN EL TRANSPORTE DE SARGAZO EN EL MAR CARIBE Y SU ARRIBO A LAS COSTAS DE QUINTANA ROO, MÉXICO

Quintana-Barranco Ricardo¹, Allende-Arandía María Eugenia¹, Durán Rodrigo² y Appendini Christian¹

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²National Energy Technology Laboratory, United States Department of Energy
rquintanab@iingen.unam.mx

El sargazo llega estacionalmente de forma natural a las playas tropicales y semi-templadas del Atlántico. Sin embargo, desde la década pasada, se han registrado eventos atípicos de arribazón masiva en algunas costas del Caribe, en particular en el Caribe mexicano, siendo los reportes del 2018 los más significativos y superando los registros históricos. La afluencia masiva de sargazo en las costas de Quintana Roo se ha convertido en un problema que ha repercutido gravemente en los ecosistemas y la economía de la región. Se ha reportado que el sargazo que permanece varado en las playas libera compuestos que afectan la salud humana e impacta negativamente a los ecosistemas, principalmente a los pastos marinos y a los arrecifes de coral. Por lo anterior, este fenómeno resulta un reto para las autoridades ambientales y gubernamentales del estado. En este contexto y con la meta a largo plazo de poder construir un sistema de alerta temprana, este trabajo tiene como objetivo determinar la influencia de las corrientes, el oleaje y el esfuerzo del viento en la trayectoria de partículas numéricas que simulan ser el sargazo que se desplaza en la superficie del océano hacia las costas mexicanas. Para alcanzar el objetivo, se realizaron experimentos lagrangianos utilizando el modelo numérico de advección Ocean Parcels y así determinar la influencia de las corrientes, el oleaje y el esfuerzo del viento en la trayectoria del sargazo hacia las costas mexicanas. Se calcularon las tasas de dispersión lagrangianas, las cuales se utilizaron como indicadores para identificar las regiones de transporte más probables y dominadas por su incertidumbre. Finalmente, se determinaron las rutas más persistentes desde el Mar Caribe hasta las costas de Quintana Roo asociadas a dichos canales o barreras de transporte. Los resultados de este trabajo serán la base para el desarrollo de herramientas útiles para diferentes sectores de la población, en cuanto a la detección temprana del sargazo en conjunto con los sistemas de monitoreo oceánico.

OCE-27

CONFIGURACIÓN ESPACIAL Y ATRIBUTOS DE FORMA PARA MEJORAR LA CONFIANZA DE LA DETECCIÓN SATELITAL DEL SARGAZO PELÁGICO

Uribe-Martínez Abigail y Appendini Christian

Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM
abigailum@gmail.com

La necesidad de abordar la problemática causada por las arribaciones anómalas de sargazo a lo largo de las costas del Atlántico tropical, particularmente en el Mar Caribe, ha promovido la implementación de diversos métodos para detectar sargazo mediante el uso de imágenes satelitales. Muchas de estas detecciones se basan fundamentalmente en índices de algas flotantes y otros métodos de análisis de la respuesta espectral de estas algas. Sin embargo, estos métodos conllevan la generación de innumerables falsos positivos provocados por confusiones espectrales con bordes de nubes, sombras de nubes, brillo (sun glint), aguas caso II (cercanas a la costa), entre otros, independientemente del sensor utilizado. En este trabajo analizamos los atributos de forma y configuración espacial de polígonos determinados como sargazo de acuerdo con su respuesta espectral, así como sus confusiones con otros elementos con el objetivo de determinar la pertinencia de utilizar estas métricas para diferenciar los mantos de sargazo de los falsos positivos (falsos sargazos). Para ello, utilizamos las detecciones satelitales de sargazo derivadas de un conjunto de 288 imágenes del sensor Landsat OLI mediante el método propuesto en 2018 por Cuevas y colaboradores, las cuales fueron depuradas con interpretación visual para separar los falsos positivos de los mantos de sargazo. Generamos 32 métricas de forma y configuración espacial tanto para los polígonos confirmados como sargazo como para los polígonos determinados como no sargazo, y realizamos pruebas estadísticas para determinar la existencia de diferencias significativas entre ellos. Asimismo, llevamos a cabo pruebas de contribución de cada métrica a la precisión de un algoritmo de clasificación. Los resultados muestran que un subconjunto de métricas presenta valores diferenciables entre los mantos de sargazo y los falsos positivos. No obstante, para todas estas métricas existe traslape entre los valores de ambos conjuntos, lo cual indica que ninguna de las métricas discrimina por sí sola los polígonos de sargazo de los falsos sargazos, pero en conjunto aportan información que ayuda a eliminar estos falsos positivos. Este trabajo representa el primer esfuerzo para comprender la configuración espacial y los atributos de forma de los mantos de sargazo, con el potencial de ser incorporado

en procesos más complejos de detección satelital de esta alga, para minimizar las confusiones y optimizar la generación de datos robustos y confiables de distribución de sargazo en escalas finas.

OCE-29

SOBRE EL FLUJO DE MASAS DE AGUA A TRAVÉS DEL GOLFO DE MÉXICO

Durante Giovanni, Sheinbaum Julio y Candela Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
gdurante@cicese.edu.mx

Estudiar la evolución de las masas de agua que fluyen a través del Golfo de México es de vital importancia, dado que, el flujo que atraviesa al Mar Caribe y Golfo de México es parte del Gran giro subtropical del Atlántico Norte, y tiene estrechas conexiones con la variabilidad climática regional. En el presente estudio, se analizan las distintas masas de agua de la región de la corriente del Lazo utilizando una base de datos hidrográfica que conjunta lances de CTD del grupo Canek y perfiles de ARGOS dentro del golfo entre 1993 y 2023. Se emplean datos satelitales de altimetría para definir a la región de la corriente del Lazo utilizando el contorno de topografía dinámica absoluta que mejor empata con la máxima velocidad geostrofica asociada a dicha corriente. De esta forma, la región de la Corriente del Lazo es definida como un área que varía en el tiempo. Por otro lado, se utilizan datos de corrientes in-situ, provenientes de los anclajes de correntometría del grupo Canek ubicados en el Canal de Yucatán y los Estrechos de Florida. Los resultados sugieren que es necesario introducir una nueva clasificación que discrimine entre aguas del Golfo oeste de las aguas de la corriente del Lazo. La nueva clasificación presentada permite la existencia de aguas transicionales que pueden encontrarse en los bordes de la Corriente del Lazo. Por otro lado, se observó que las aguas modales y centrales muestreadas en el Canal de Yucatán tienden a mostrar concentraciones de oxígeno relativamente mayores a las observadas en los estrechos de Florida. Se sugiere que este oxígeno podría ser consumido por procesos biogeoquímicos o podría permanecer dentro del Golfo de México, propiciando cierta ventilación en las capas centrales. Por último, dada la presencia de aguas similares al agua común del Golfo en el Canal de Yucatán en todos los muestreos, se aborda la cuestión de su procedencia, con la hipótesis de que podría tener un origen más bien local. A través de un análisis de flujos diapiricos obtenidos de anclajes de correntometría se sugiere que procesos de mezcla local cerca de la plataforma de Yucatán podrían propiciar la formación de una fase temprana de agua común del Golfo.

OCE-30

SENSIBILIDAD DEL CAMPO DE OLAS A LOS VIENTOS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN UN CICLÓN TROPICAL

Pérez Sampablo Laura Marcela¹, Osuna Pedro¹, Esquivel-Trava Bernardo¹, Rasclé Nicolás² y Ocampo-Torres Francisco J.³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, IFREMER, CNRS, Université de Bretagne Occidentale, F29280 Brest, France

³CEMIE-Océano, C.U., Coyoacán, ciudad de México 04510, México
laura.persamp@gmail.com

En este trabajo se aborda el estudio sobre el impacto de la alta variabilidad espacio-temporal del campo de viento sobre el oleaje, especialmente durante las fases de tormenta moderada e intensa del ciclón tropical Isaac (2012). Se obtienen campos de viento realistas a partir de una implementación de alta resolución del modelo atmosférico de huracanes Hurricane Weather Research and Forecasting (HWRF), que se utilizan para forzar el modelo de oleaje espectral WaveWatch III versión 6.07. Los resultados indican que el campo de viento es muy variable en el espacio y en el tiempo, aunque su estructura media es muy similar a la descrita para huracanes paramétricos especificados en la literatura. Los campos de oleaje generados por la tormenta tienen una estructura persistente, con máximos de oleaje presentes en los cuadrantes delanteros de la tormenta (IV y I) y en el cuadrante posterior II. Esta estructura está determinada por los fuertes vientos en los cuadrantes I y II y la condición de fetch extendido en esa región, así como por la velocidad de traslación de la tormenta. En las regiones más alejadas del ojo de la tormenta, el campo de olas está determinado por olas largas (swell), principalmente en los cuadrantes situados a la izquierda del centro de la tormenta. El campo de corrientes superficiales generado por el huracán no afecta significativamente a la estructura espacial media del campo de olas. Sin embargo, la utilización de un campo de corriente no homogéneo y no estacionario promueve una disminución de los valores de altura significativa de aproximadamente un 12% respecto a los valores calculados por el modelo cuando no se consideran los efectos de la corriente. Esta disminución es más evidente en los cuadrantes situados a la derecha del ojo del huracán y se debe principalmente al efecto de la corriente sobre la advección espacial de energía, que anula, en cierta medida, la condición de fetch extendido en esa región. En algunos puntos, las diferencias significativas de altura pueden llegar a ser del 18%.

OCE-32

CONTRASTE EN LOS FLUJOS VERTICALES DE NITRÓGENO INORGÁNICO DISUELTO A LA ZONA EUFÓTICA EN REMOLINOS CICLÓNICOS Y ANTICICLÓNICOS DE LA REGIÓN OCEÁNICA DEL GOLFO DE MÉXICO

Velásquez-Aristizábal Jorge Armando¹, Camacho-Ibar Víctor², Pallás-Sanz Enric³, Samperio-Ramos Guillermo³ y Sheinbaum Julio³

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
velasquez.jorge@uabc.edu.mx

En el océano global, la disponibilidad de nitrógeno inorgánico controla la producción primaria e influye en la cantidad de energía que fluye a través de las redes tróficas. Uno de los mecanismos que controlan esta disponibilidad son los remolinos de mesoescala. Estas estructuras se presentan en todas las cuencas oceánicas y desempeñan un papel determinante en la distribución de nutrientes y, consecuentemente, influyen en procesos biogeoquímicos importantes en las zonas eufótica (Zeu) y mesopelágica superior del océano. En este estudio estimamos los flujos verticales de nitrógeno inorgánico (N) que ingresan a la Zeu de la región de aguas oceánicas del Golfo de México (GM) producidos por mecanismos de difusión vertical, mezcla convectiva invernal y bombeo por remolino (eddy-pumping). Se analizaron datos de variables hidrográficas obtenidas de CTD y datos de variables biogeoquímicas obtenidas con lances de botella en estaciones ubicadas en una malla de muestreo canónica distribuida en la región oceánica del GM. Se emplearon datos de cinco campañas oceanográficas, una de invierno (XIXIMI-3), tres de verano (XIXIMIS 4-6) y una de primavera tardía (XIXIMI-7). Además, con el propósito de determinar el aporte de N a la Zeu del golfo debido al mecanismo de bombeo por interacción remolino-viento (eddy-Ekman pumping), se analizaron datos de la campaña oceanográfica "remolinocéntrica" denominada PhytBloomEddy, realizada en un remolino anticiclónico de la Corriente del Lazo (LCE) muestreado durante condiciones de Nortes. También se analizaron bases de datos satelitales de la concentración de clorofila-a, de la anomalía del nivel del mar, del atlas de remolinos de mesoescala y del coeficiente de atenuación vertical de la radiación fotosintéticamente activa. Los resultados indican que, anualmente, los remolinos ciclónicos (CEs) abastecen cerca de 56% del total de N inorgánico (~3460 Gg N) a la Zeu de la región oceánica del golfo. En contraste, la difusión diapirica aporta ~13% (~790 Gg N) y la mezcla convectiva invernal contribuye con ~2% (~120 Gg N). Por su parte, los remolinos anticiclónicos representan uno de los principales mecanismos que bombean N inorgánico fuera de la zona iluminada (11% del total de salidas) con una media anual de 360 Gg N. En el LCE de la campaña PhytBloomEddy, el bombeo de N fuera de la Zeu por eddy-pumping domina respecto al bombeo de N hacia la Zeu producido por eddy-Ekman pumping. Aparentemente, los flujos difusivos de N producidos en el LCE son más intensos en la periferia (0.07-0.12 mmol N m⁻²d⁻¹) que en el núcleo (0.04-0.05 mmol N m⁻²d⁻¹). Estos resultados sugieren que los CEs juegan un papel determinante en el suministro vertical de N hacia la base de Zeu de la región oceánica del GM, no solo a través del eddy-pumping sino que también por difusión diapirica al incrementar los gradientes verticales de N en la zona iluminada por el asomamiento de la nitracina.

OCE-33

MODULACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE NITRATO POR LA INTERACCIÓN ENTRE EL VIENTO Y UN REMOLINO ANTICICLÓNICO DEL GOLFO DE MÉXICO

Chacón Anguiano Karla Gabriela y Estrada Allis Sheila Natali

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
kgchacon@cicese.edu.mx

Por medio de un modelo de alta resolución acoplado biológicamente (ROMS-FNEEL) anidado en el centro del Golfo de México (GoM) se estudia la influencia de las corrientes en la parametrización del esfuerzo del viento y su respuesta en la dinámica de un remolino anticiclónico y la distribución de nitrato. El objetivo principal de esta investigación es mejorar la comprensión sobre los forzamientos físicos que modulan la biogeoquímica de un remolino desprendido de la Corriente del Lazo. Para este fin se compararon dos simulaciones partiendo de iguales condiciones: (i) Caso absoluto (ABS) donde no se incluye el efecto de la corriente en el esfuerzo del viento, y (ii) caso relativo (REL) donde sí se incluye la interacción de la corriente en el esfuerzo del viento. Los resultados principales demuestran que al considerar la contribución de la corriente, caso REL, la energía del remolino se reduce en un 28 %, seguido de una disminución del radio y poca variabilidad en la elevación del nivel del mar del remolino anticiclónico. La evaluación del trabajo del viento a lo largo de la simulación indica que es principalmente positivo, es decir, se produce una transferencia de energía de la atmósfera hacia el océano, distinguiendo 3 eventos máximos del trabajo del viento en los que el suministro de energía por parte de los forzamientos atmosféricos es mayor en comparación al resto de días. De forma general, los resultados indican una respuesta en cadena de un aumento de las variables biogeoquímicas dentro del remolino a los picos del trabajo del viento para ambos casos. Sin embargo, para el caso ABS se destaca una sobreestimación del 8 % de la productividad primaria respecto del caso REL. Además, para ambos casos, un evento de viento extremo

del sureste produce una subducción de nitrato en el borde este del remolino desde la capa fótica hacia la picnoclina, sobre los 300 m de profundidad. Este proceso, parece estar ligado a efectos de la mezcla vertical. Finalmente, estos resultados concluyen en la importancia de incluir el efecto de la contribución de la corriente en la parametrización del esfuerzo del viento. Así mismo, se manifiesta que no solo eventos de vientos "Nortes" o en dirección del frente son los principales responsables para el ascenso de nutrientes hacia la capa fótica o de subducción de carbono hacia la picnoclina dentro de remolinos anticiclónicos del GoM. En este sentido este trabajo contribuye a la comunidad dedicada a la modelación físico-biogeoquímica y, especialmente, en regiones como el GoM, que estudian la distribución y respuesta de variables biogeoquímicas a procesos físicos.

OCE-34

SERIE DE TIEMPO DE LOS FLUJOS DE CARBONO ORGÁNICO EN LA REGIÓN DE PERDIDO Y COATZACOALCOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yéssica Vanessa¹, Herguera García Juan Carlos¹ y Rafter Patrick A.²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²University of California, Irvine

ycontrer@cicese.edu.mx

Existe una amplia discusión sobre los procesos implicados en la exportación de materia orgánica al océano profundo en mares oligotróficos. Este estudio presenta datos obtenidos por trampas de sedimento colocadas a 1000 m de profundidad entre junio 2016 y julio 2017 en dos regiones del golfo de México. El conjunto de datos abarca 21 muestras en la región de Coatzacoalcos y 20 en la región de Perdido, cada muestra representando un periodo de 18 días. El objetivo principal es caracterizar los procesos oceanográficos que controlan los flujos de carbono orgánico en ambas zonas y explicar su variabilidad a lo largo del tiempo. Los resultados muestran que, aunque los flujos de carbono orgánico son bajos presentan una estacionalidad y diferentes fenómenos que los pueden alterar, por lo que se requiere entender su relación, debido a lo cual se realizaron otras mediciones en las trampas de sedimento, incluyendo las composiciones isotópicas de carbono y nitrógeno orgánico, información crucial para discernir su origen. Además, utilizando los datos satelitales de la altura superficial del océano no estérica, temperatura superficial, salinidad superficial, carbono orgánico particulado, carbono inorgánico particulado, concentraciones de clorofila y la productividad primaria obtenida a partir de un modelo se evaluó la influencia que tienen sobre los flujos de materia orgánica en el este y sur del golfo de México.

OCE-35

DISTRIBUCIÓN DEL "NITRATO PREFORMADO" EN EL REMOLINO ANTICICLÓNICO DE LA CORRIENTE DEL LAZO DE LA CAMPAÑA PHYTBLOOMEDDY

Camacho-Ibar Víctor F.¹, Velásquez-Aristizábal Jorge A.¹, Samperio-Ramos Guillermo A.¹, Quintero Mata Jesús René¹, Linacre Lorena², Herzka Liona Sharon Z.², Pallás Sanz Enric² y Gutiérrez Ricardo Aarón¹

¹Universidad Autónoma de Baja California

²CICESE

vcamacho@uabc.edu.mx

La disponibilidad de nitrógeno en la zona eufótica, particularmente en forma de nitrato (NN), juega un papel importante en la producción primaria fitoplanctónica de los océanos. Algunos estudios indican que, en mares oligotróficos, los perfiles verticales de nitrato preformado ([NNpre=NNobs- $\text{UAO/R-O}_2\text{:N}$] en la capa superior podrían reflejar el aporte de nitrato hacia la zona eufótica por fitoplancton migrante, la remineralización de materia orgánica pobre en nitrógeno exportada desde la zona eufótica, como los exopolímeros transparentes (TEPs), y/o el consumo de nitrato por bacterias heterotróficas en la zona mesopelágica superior. Hemos estudiado la distribución de NNpre en el Golfo de México (GM) bajo condiciones estratificadas en temporada cálida y en condiciones mezcladas de invierno (Lee et al., 2022), más no hemos explorado su distribución en un periodo de transición. Tampoco se ha explorado la variabilidad del NNpre a lo largo de remolinos de mesoescala del GM. Para este estudio, durante la campaña oceanográfica PhytBloomEddy (08-17 de noviembre 2022) se realizó un muestreo de alta resolución espacial a lo largo del eje central de un remolino anticiclónico de la Corriente del Lazo (LCE) desprendido dos meses antes. El muestreo incluyó 13 estaciones al interior del LCE y tres estaciones fuera del remolino, en las que se recolectó agua a 16 profundidades entre 0 y 500 m y se realizaron lances hidrográficos con CTD. Para el cálculo del NNpre se determinó la concentración de nitrato+nitrato (NN) en las muestras discretas y del oxígeno disuelto medido con CTD. Adicionalmente se determinaron algunos componentes lábiles de la materia orgánica disuelta incluyendo los exopolímeros transparentes (TEPs por sus siglas en inglés). La sección vertical de la concentración de NN muestra una tendencia similar a las isopícnas, indicando que el LCE tuvo una clara influencia en la distribución de las variables biogeoquímicas. Similar a lo observado en el periodo cálido/estratificado, en el LCE se observa una anomalía negativa de NNpre entre 24 y 26 kg m⁻³ (~ 100 – 250 m en el núcleo). La anomalía negativa de NNpre indica que entre estas isopícnas existe consumo de NN sin la producción concomitante de oxígeno disuelto, y/o que hay consumo de oxígeno sin la producción de NN. Recientemente se sugirió que la anomalía negativa de NNpre en el Atlántico Norte podría ser principalmente producida por la remineralización de TEPs, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que el fitoplancton migrante

juegue un papel importante en el establecimiento de dicho déficit. En contraste con el periodo estratificado, en la campaña PhytBloomEddy, en la que se presentó una capa de mezcla profundizada hasta ~100 m, no se observa una anomalía positiva de NNpre en la capa eufótica. En este trabajo contrastamos la distribución de NNpre entre el núcleo, la periferia y las estaciones externas, y discutimos las posibles causas de su aparente variación estacional.

OCE-36

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CARBONO ORGÁNICO DISUELTO A LO LARGO DE UN REMOLINO ANTICICLÓNICO DE LA CORRIENTE DE LAZO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Quintero Mata Jesús René¹, Camacho Ibar Víctor F.¹, Velásquez Aristizábal Jorge Armando¹, Linacre Rojas Lorena Patricia², Samperio Ramos Guillermo Alberto¹, Pallás Sanz Enric² y Gutiérrez Ricardo Aarón¹

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

rene.quintero@uabc.edu.mx

Los organismos fitoplanctónicos encargados de fijar el CO₂ son los principales productores de carbono orgánico disuelto (COD) en el océano mediante diversos mecanismos incluyendo la exudación y la lisis celular. El reservorio oceánico de COD es casi tan vasto (662 Gt C) como el reservorio de CO₂ atmosférico (750 Gt C). Los remolinos de mesoescala son mecanismos que ejercen una fuerte influencia en la distribución vertical de la materia orgánica, nutrientes y carbono. Se ha sugerido que en océanos oligotróficos la concentración y la tasa de exportación de COD en la zona eufótica es mayor en remolinos anticiclónicos que en remolinos ciclónicos. Los remolinos anticiclónicos de la Corriente de Lazo (LCE) tienen una gran relevancia en la dinámica y biogeoquímica de la región de aguas profundas del Golfo de México (GOM). En el presente trabajo se analiza la distribución espacial de COD a lo largo de un LCE recién gestado en el GOM, con datos de alta resolución espacial obtenidos a partir de muestras de agua recolectadas en 16 profundidades nominales y en 16 estaciones, y a partir de datos hidrográficos obtenidos con CTD. En el núcleo del LCE se observa el hundimiento de aguas cálidas, menos densas y con mayor contenido de oxígeno en comparación con las estaciones de referencia que se ubican fuera del remolino. Además, en el núcleo del LCE la profundidad de la zona eufótica, de la capa de mezcla y del máximo de fluorescencia es mayor que en las estaciones de la periferia y fuera del remolino. La distribución vertical de COD es congruente con la distribución promedio para océanos oligotróficos. En los primeros 50 metros se observan máximos de COD > 80 μM en estaciones de la periferia y del núcleo del LCE en donde la abundancia de organismos pico-planctónicos y bacterias heterótrofas son altas. Concentraciones de COD > 65 μM en la zona eufótica indican la presencia de COD de naturaleza lábil o semilábil, poco resistente a la degradación bacteriana. Estas concentraciones de COD están asociadas a la zona agotada de nutrientes inorgánicos. Entre los 100 - 200 m, la concentración de COD disminuye hasta volverse constante con concentraciones entre los 42 - 50 μM . Estas concentraciones profundas (> 200 m) son características del COD de naturaleza refractaria o semi refractaria y que es altamente resistente a la degradación bacteriana. En estaciones cercanas al núcleo del remolino, se observa un pulso de COD a 300 m cuya concentración es > 50 μM , sugiriendo que la subducción de las isopícnas en el núcleo del LCE podría facilitar el transporte de COD hacia aguas por debajo de la zona eufótica. Estos resultados preliminares sugieren que los LCE son ecosistemas que favorecen la exportación de carbono mediante la bomba biológica microbiana. Este mecanismo favorece la transformación de COD de naturaleza lábil a COD refractario y su exportación hacia aguas profundas mediante una combinación de procesos que involucran la bomba biológica convencional, el lazo microbiano y el enlace viral.

OCE-37

CONTRIBUCIÓN DE CALCITA POR COCOLITOS AL FLUJO TOTAL DE CaCO₃ EN LAS REGIONES DE PERDIDO Y COATZACOALCOS, GOLFO DE MÉXICO

García Romero Felipe de Jesús¹, Herguera García Juan Carlos¹, Lara Lara José Rubén¹, Cortés Martínez Mara Yadira², Bollmann Jörg³ y Aguirre-Bahena Fernando⁴

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Universidad Autónoma de Baja California Sur

³University of Toronto

⁴CICIMAR

fgarcia@cicese.edu.mx

Se determinó la contribución de carbonato de calcio de los cocolitóforos en dos trampas de sedimentación pasiva ancladas a 1050m de profundidad (verano del 2016 al verano del 2017). Se determinó el Flujo de Masa Total (FMT) y la contribución del CaCO₃ total mediante coulometría. El porcentaje promedio de carbonato en el FMT para Coatzacoalcos fue de 21.4%, mientras que en Perdido fue de 18.6%. La identificación y conteo de cocolitos se realizó mediante microscopía electrónica de barrido. Los flujos máximos de cocolitos totales se registraron en invierno; alcanzando 3099X106 cocolitos m⁻² d⁻¹ para la región de Perdido, mientras que Coatzacoalcos registró 1941 X106 cocolitos m⁻² d⁻¹. De las 55 especies registradas; G. oceanica, E. huxleyi, F. profunda, Helicospahera carteri y Calcidiscus leptopus contribuyeron con el #80% del carbonato de calcio por cocolitos en ambas regiones. Durante el periodo de estudio la región de Perdido registró 368.4 mg m² año

de calcita por cocolitos, lo que representa el 63% del CaCO_3 total. Mientras que Coatzacoalcos registró 299.6 mg m^2 año o el 40% anual. El resto del carbonato puede ser aportado por otros organismos como foraminíferos y micro moluscos, así como fragmentos calcáreos. Las series de tiempo de las diferentes asociaciones de cocolitoforos muestran diferentes respuestas a la estacionalidad de las temperaturas de la superficie del mar, así como de otros fenómenos estacionales que se discutirán en esta presentación.

OCE-38

MICROPLÁSTICOS Y METALES PESADOS ASOCIADOS A SEDIMENTOS COSTEROS Y DE MAR PROFUNDO DEL GOLFO DE MÉXICO

Flores Ocampo Itzamna Zaknite¹ y John Selvamony Armstrong Altrin Sam²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto de Ciencias del Mar Y Limnología

zaknyocampo@gmail.com

La contaminación por metales pesados en sedimentos terrestres es un problema actual, desde hace varios años se ha intensificado por las actividades humanas y sus altas concentraciones alteran el equilibrio del ecosistema. Aunado a esta problemática, la contaminación por microplásticos ha tomado relevancia y actualmente hay un auge en su estudio, tanto para conocer su fuente como la afectación ambiental que genera. La presencia de metales como de microplásticos por separado, representa un riesgo para la fauna endémica y en conjunto el riesgo aumenta de manera considerable, puesto que los microplásticos tienen capacidad para adsorber metales pesados y posteriormente desorberlos en el ambiente marino, dejándolos expuestos para la fauna marina. El objetivo del estudio fue analizar sedimentos costeros de playa Esmeralda y playa Tampico, ubicadas en los estados de Veracruz y Tamaulipas respectivamente, para cuantificar la concentración de microplásticos y metales pesados y caracterizar el nivel de riesgo que representa hacia el ecosistema. De la misma manera, se estudiaron 5 núcleos de sedimentos de mar profundo, que van desde los 2200 hasta 3400m de profundidad a lo largo del Golfo de México, para cuantificar el nivel de contaminación por la presencia de los mismos componentes. Entre las diversas técnicas utilizadas para cuantificar estos contaminantes se encuentran, ICP-MS para determinar las concentraciones de metales pesados y metaloides, SEM-EDS para definir la superficie de los microplásticos y metales, separación por densidad para separar y cuantificar los microplásticos e IR para identificar el material de microplástico. En cuanto a los resultados, se determinó que tanto los sedimentos costeros como los de mar profundo contienen altos niveles de microplásticos y distintos metales pesados asociados a ellos (formando complejos, o adheridos a ellos), tales como Cu, Ti, Fe, Zn, Cr y metaloides como As. Diferentes fuentes confirman que estos componentes, en conjunto, multiplican sus niveles de contaminación presentando un riesgo mayor para el medio ambiente. La concentración por microplásticos, tanto en los sedimentos costeros como en los de mar profundo, son altos comparados con playas de otras regiones. En los sedimentos costeros las partículas plásticas encontradas van en un rango de 300 a 850 partículas por kilogramo para playa Esmeralda, 500 hasta 1300 partículas por kilogramo en playa Tampico y de 1550 a 4300 partículas en un kilogramo como los sedimentos de mar profundo. Finalmente, se utilizaron indicadores ambientales como, el factor de enriquecimiento (FE), índice de geoacumulación (Igeo), coeficiente de riesgo modificado (mHQ), índice de potencial riesgo ecológico (PERI), índice de carga de contaminación (PLI) y estándares de la calidad de los sedimentos (SQGs) que ayudan a identificar posibles riesgos para la fauna acuática y salud humana. Los resultados arrojaron que las concentraciones de los metales pesados y metaloides pueden inducir distintos riesgos tales como, riesgo hacia la microflora y fauna endémica y una alteración negativa irreversible hacia el medio ambiente.

OCE-39

VARIABILIDAD TEMPORAL DE LA BIOMASA DE CARBONO MICROBIANO EN LAS REGIONES OCEÁNICAS DE PERDIDO Y COATZACOALCOS DEL GOLFO DE MÉXICO

Linacre Lorena¹, Lara Rubén¹, Durazo Reginaldo², Mirabal Uriel², Sánchez Citlalli², Camacho Víctor², Velásquez Jorge² y Bazán Carmen²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Universidad Autónoma de Baja California

linacre@cicese.mx

La comunidad microbiana alberga importantes grupos funcionales que desempeñan un papel fundamental en las tareas de producción, liberación, asimilación y degradación del carbono orgánico dentro de los ecosistemas oligotróficos del océano. Las estimaciones de la biomasa en términos de carbono de los componentes procariotas y eucariotas de esta comunidad son necesarias para mejorar nuestro conocimiento sobre los reservorios de carbono biogénico dentro de los océanos oligotróficos, y para validar los modelos biogeoquímicos que caracterizan el funcionamiento de estas regiones dentro del ciclo global del carbono. La variabilidad temporal de la biomasa de la comunidad microbiana es estudiada en las regiones oceánicas de Perdido y Coatzacoalcos del golfo de México. Durante tres épocas estacionalmente contrastantes (épocas de nortes, lluvias and secas), se colectaron muestras de agua de mar desde la zona eufótica de ambas regiones para estimar la biomasa carbono de grupos del pico, nano y microplancton (i.e., células <200 μm). Las estimaciones de biomasa de carbono

para el picoplancton se basaron en la abundancia de sus poblaciones obtenida de citometría de flujo, y en factores de conversión a carbono por célula calculados en todas las estaciones y profundidades. Para los grupos del nano y microplancton, la biomasa se basó en abundancia, identificación taxonómica y cálculos de biovolumen mediante microscopía. Se encontró una contribución significativa de los componentes pico-procariotas (bacterias heterotróficas, *Prochlorococcus* y *Synechococcus*) al stock total de carbono microbiano de la zona eufótica (84–89% de la estimación global) en las regiones de Perdido y Coatzacoalcos durante las tres temporadas de estudio. Esto sugiere el papel protagonista de estos microorganismos como grupos funcionales clave en los procesos que determinan la producción y el destino del carbono en el golfo de México. Las pico-cianobacterias (especialmente *Prochlorococcus*) fueron los productores primarios dominantes (68–82% del carbono autotrófico total), principalmente en los estratos superficiales y oligotróficos de la zona eufótica. En ambas regiones, el nivel del máximo profundo de clorofila-a (DCM) no estuvo asociado a un aumento neto de biomasa autotrófica en ninguna de las tres épocas de estudio. La falta de correspondencia entre el DCM con el estrato de los máximos valores de carbono evidencia la importancia de determinar la biomasa de fitoplancton en base al contenido de carbono de las células autotróficas, y no en función de su concentración pigmentaria. Adicionalmente, los patrones de distribución vertical y horizontal de la biomasa microbiana demostraron el notable impacto que ejercen los eventos estacionales y la dinámica de las estructuras de mesoescala. Otros aspectos ecológicos como la preferencia de hábitat de los organismos, la habilidad migratoria de algunas especies entre gradientes verticales de luz y nutrientes, y el desarrollo estacional complementario de pastoreadores mixo/heterotróficos y sus presas, también modificaron la distribución y la estructura de la biomasa de carbono. En consecuencia, factores abióticos y bióticos juegan un papel fundamental modulando el reservorio de carbono microbiano en las regiones oceánicas de Perdido y Coatzacoalcos. Esta información contribuye al entendimiento del ciclo biogeoquímico del carbono en el ecosistema del golfo de México.

OCE-40

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE PICO-FITOPLANCTON A TRAVÉS DE UN REMOLINO DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Linacre Lorena¹, Lara-Lara Rubén¹, Mirabal-Gómez Uriel², Sánchez-Robles Citlalli¹ y Bazán-Guzmán Carmen¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Universidad Autónoma de Baja California

linacre@cicese.mx

Se investiga la distribución vertical de la biomasa de carbono de poblaciones de cianobacterias (*Prochlorococcus*, [PRO] y *Synechococcus*, [SYN]) y pico-eucariotas autotróficas (A-PEUK) en la zona eufótica de un remolino anticiclónico joven de la corriente del Lazo (RCL). En una campaña oceanográfica multidisciplinaria que fue realizada del 9 al 17 de noviembre de 2022, se colectaron muestras de agua de mar desde los primeros 150 m de profundidad a través del RCL, para realizar estimaciones de biomasa del picoplancton fitoplanctónico (células < 2–3 μm). Estas estimaciones se basaron en abundancias poblacionales obtenidas por citometría de flujo, y en factores de conversión a carbono por célula calculados para todas las estaciones y profundidades. En general, la biomasa de PRO fue 1 orden de magnitud mayor que aquellas de SYN y A-PEUK a través de todo el remolino. Los máximos valores de carbono en ambas cianobacterias (~8–11 $\mu\text{g/L}$ para PRO y ~1.5–2.5 $\mu\text{g/L}$ para SYN) se posicionaron siempre por arriba de 75 m, mientras que A-PEUK mostró altas biomásas (~1.5–2.0 $\mu\text{g/L}$) generalmente hacia estratos profundos (~75–125 m) y co-localizados con el máximo profundo de clorofila-a (DCM), y ocasionalmente, en estratos más superficiales. Dado que el grupo A-PEUK alberga muchos grupos fitoplanctónicos (e.g., *Prymnesioides*, *Pelagofitas*, *Clorofitas*, *Criptofitas*, *Prasinofitas*, entre otros) su patrón vertical sugiere que la composición en el DCM es mucho más diversa que en la capa de mezcla. La localización de los máximos valores de carbono en estratos someros/profundos de poblaciones de cianobacterias/A-PEUK se relaciona con la baja/alta disponibilidad de nutrientes inorgánicos (e.g., nitrato) y la posición vertical de la nitracina en la columna de agua. Aunque en comparación a la capa de mezcla, PRO tuvo bajas biomásas en el DCM (~2–4 $\mu\text{g/L}$), su presencia en este estrato es probablemente atribuido a ecotipos de baja luz (LL-PRO) que han sido documentados para el golfo de México en asociación con RCLs. La distribución horizontal de la biomasa también mostró un patrón diferencial entre las poblaciones. El carbono de SYN y A-PEUK incrementa principalmente hacia las periferias del RCL y en estaciones de referencia fuera de esta estructura, las cuales estuvieron influenciadas por remolinos ciclónicos y por una pluma del río Misisipi. En contraste, altas biomásas de PRO se encuentran en el centro y lado Este de esta estructura, incluyendo su máximo de carbono en aguas superficiales (<50 m) de la zona influenciada por la pluma fluvial. Estos patrones de distribución se relacionan con las preferencias de hábitat, requerimientos nutricionales y habilidades para incorporar formas inorgánicas y orgánicas (e.g. urea) de nutrientes, lo cual está en función de las características genéticas y fisiológicas específicas de las poblaciones. Dado el esfuerzo multidisciplinario y la alta resolución con que fue estudiado el RCL, los resultados de esta investigación son pioneros para el golfo de México, y además contribuyen con el entendimiento del ciclo del carbono dentro de este ecosistema oligotrófico.

OCE-41

VARIABILIDAD DE LA LUZ FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN UN REMOLINO ANTICICLÓNICO DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Mirabal Gómez Uriel¹, Linacre Lorena², Durazo Arvizu Reginaldo¹, Santamaría del Ángel Eduardo¹, Lara Lara Rubén² y Pallàs Sanz Enric²

¹Universidad Autónoma de Baja California - Facultad de Ciencias Marinas

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
umirabal@uabc.edu.mx

La luz solar como fuente de energía para todos los productores primarios, es absorbida o dispersada en el océano por componentes disueltos y particulados. Estos elementos producen una atenuación en la columna de agua que puede ser medida y clasificada en diferentes tipos de aguas, desde claras (oligotróficas) hasta turbias (eutróficas). Su clasificación puede ser realizada mediante el uso de propiedades bio-ópticas in situ, como el coeficiente de atenuación difusa (K_d), la primera profundidad óptica (1er P.O.) y, la profundidad de la zona eufótica (Zeu) estimada al 0.1% de la irradiancia superficial (E_0). Entre el 8–17 de noviembre de 2022 se realizó un crucero oceanográfico multidisciplinario para caracterizar, mediante un muestreo de alta resolución y multiplataforma, las propiedades físicas, bio-ópticas y biogeoquímicas de un remolino anticiclónico de la corriente de Lazo (RCL) en el golfo de México (GoM). Particularmente, se investiga la variabilidad de la luz fotosintéticamente activa (luz PAR) a través del RCL mediante lances verticales desde superficie hasta 200 metros de profundidad con dos sensores esféricos (Biospherical Instruments QSP-2300 y Licor Spherical 193SA). El despliegue de estos instrumentos fue realizado entre las 9:00 y 16:00 hrs. y los datos obtenidos por cada decíbar fueron corregidos por efecto de sombreado. Independientemente de la posición a través del remolino, la luz PAR se extingue rápidamente en los primeros niveles de profundidad. La 1er P.O., que corresponde ~36–38% de E_0 , alcanza niveles < 25 metros. Por su parte, el 10% de E_0 siempre se localizó en estratos entre 40 y 65 metros. El intervalo de profundidad del 1% de E_0 se observó entre 77 y 114 metros y se localizó justo por arriba del máximo profundo de clorofila-a (DCM >0.3 mg m⁻³). Asimismo, los perfiles de luz PAR mostraron que la profundidad de la Zeu (i.e., 0.1% de E_0) varió a través del transecto vertical entre 115 y 171 metros, siendo más profunda hacia el centro del remolino y más somera hacia la periferia de esta estructura. La profundidad de la Zeu fue aún más somera en las estaciones de referencia localizadas por fuera del remolino, las cuales estuvieron influenciadas por estructuras ciclónicas y aguas del río Misisipi. El intervalo de profundidad de la Zeu registrado en el RCL fue consistente con el área oceánica clasificada como "zona I" (Zeu > 95 m) de acuerdo con la reciente regionalización realizada para las aguas profundas del GoM, basada en los tipos ópticos de agua (clasificación de Jerlov). La caracterización de la luz PAR en la columna de agua y las determinaciones de la profundidad de la Zeu ayudan a comprender el efecto potencial de la disponibilidad de luz sobre el hábitat de la comunidad de fitoplancton de este ecosistema. Además, esta información permite identificar zonas productivas en función de sus propiedades ópticas y proporciona parámetros necesarios para modelar la producción primaria, el flujo de carbono y la transferencia de calor.

OCE-42

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA CLOROFILA-A FRENTE AL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA DEL GIRO DE CAMPECHE

Gutiérrez Morgado Monserrat¹, Athie Gabriela², Aké Castillo José Antolín¹ y Perales Valdivia Héctor¹

¹Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana

²Cátedra CONACYT- Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana
monserratgutierrezmorgado3@gmail.com

En la plataforma continental frente al estado de Veracruz se encuentra el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el cual se caracteriza por contar con el aporte de aguas continentales: al norte se encuentra el río La Antigua y al sur el río Papaloapan, mientras que el río Jamapa desemboca justo en su parte central. Estos tres ríos representan un aporte de nutrientes que favorece el incremento de fitoplancton, junto con la circulación inducida por el viento, específicamente por los vientos del sureste en verano que generan surgencias. El SAV se encuentra en un punto estratégico donde la plataforma continental es más angosta, favoreciendo el intercambio de aguas entre la zona costera y mar abierto. Existen estudios que sugieren que sobre la plataforma continental, en la parte externa al SAV, podría haber aporte de agua profunda de origen oceánico relacionada con el Giro de Campeche (GC); sin embargo, no existen observaciones directas que demuestren esta teoría. El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto del GC en las características hidrológicas sobre la plataforma continental, a partir del aporte de aguas profundas hacia la misma, considerando además el aumento de clorofila-a y su distribución frente al SAV. Se analizaron datos de muestreos mensuales (entre diciembre de 2022 y septiembre de 2023) de temperatura, salinidad y clorofila-a por arriba de los 100 m de profundidad en un transecto perpendicular a la batimetría sobre la plataforma continental. De manera complementaria se analizaron 20 años (2003-2023) de datos de satélite para estudiar la distribución estacional de la clorofila-a a nivel superficial en la región, así como el comportamiento del GC en cuanto a su posición e intensidad. Los resultados preliminares muestran una posible fuente de nutrientes de mar abierto hacia la plataforma, asociada con la interacción del GC con la misma, ya que a pesar de haber observado los mayores valores

de clorofila-a en la zona cercana a la costa, como es de esperarse, en los meses de febrero y marzo de 2023, cuando el GC se encontró cerca de la plataforma, se observó un aumento de la clorofila-a en las estaciones cercanas a mar abierto. La picnoclina presentó una estacionalidad asociada con las condiciones climáticas de la región, con profundidades de hasta ~90 m en febrero, debido a la intensidad de los vientos del norte y condiciones de estratificación con una picnoclina más somera (entre 15m y 35m) en primavera y verano. Se analizó el comportamiento de la picnoclina, así como la distribución de las masas de agua a lo ancho de la plataforma, en relación con los factores que dominan la dinámica de manera local y regional.

OCE-43 CARTEL

BIOGEOGRAFÍA ECOLÓGICA DEL FITOPLANCTON ASOCIADO A LA VARIABILIDAD BIO-ÓPTICA Y PIGMENTOS POR HPLC EN LA REGIÓN CENTRAL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Millán Núñez Eduardo¹, Castillo Ramírez Alejandra de Jesús² y Camacho Ibar Victor³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Facultad de Ciencias Marinas

³Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

emillan@cicese.mx

Se realizó un crucero oceanográfico con 34 estaciones en la región central suroeste del Golfo de México (CSWGM) del 19 de febrero al 10 de marzo del 2013. La variabilidad bio-óptica del material particulado en suspensión y análisis de pigmentos fotosintéticos se llevaron a cabo a dos niveles de profundidad (10 y 50 m), donde se determinaron valores del coeficiente de absorción de luz por fitoplancton (aph) y material no pigmentado (ad), así como la composición pigmentaria del fitoplancton a través de la técnica del HPLC. En general, el GM mostró características oligotróficas, excepto a 50 m de profundidad en la región norte de Yucatán y Bahía de Campeche (BC), así como en la superficie frente a Tamaulipas. En estas tres regiones, se observaron valores altos de aph440, ad350, y clorofilas-carotenoides; coincidiendo estos valores con los forzamientos ciclónicos y anticiclónicos estacionales, lo que favoreció el crecimiento y diversidad del fitoplancton. Los pigmentos fotosintéticos (PSP) y fotoprotectores (PPC) más relevantes en la región CSWGM fueron: divinyl clorofila-a, zeaxantina, 19'-hexanoyloxyfucoxantina, y fucoxantina; por lo que asumimos la presencia de *Prochlorococcus* sp., *Synechococcus* sp., prymnesiophytes, y diatomeas. En este estudio, se determinó una biogeografía ecológica del fitoplancton de cuatro provincias: dos en superficie y las cuatro a 50 m. Por lo que consideramos, que los eventos meteorológicos, surgencias, y ríos permanentes provocan inestabilidad en la columna de agua, determinando cambios en la estructura de la comunidad del fitoplancton.

OCE-44 CARTEL

ANÁLISIS VERTICAL Y HORIZONTAL DE UN REMOLINO ANTICICLÓNICO FRENTE A CABO CORRIENTES: EXPERIMENTOS DE LABORATORIO Y COMPARACIÓN CON DATOS DE REANÁLISIS GLORYS12V1

De la Torre Martínez Cristian Daniel y Cruz Gómez Raul Candelario

Universidad de Guadalajara, UDG

cristian.delatorre@alumnos.udg.mx

Este estudio presenta un nuevo método experimental para obtener velocidades geostroficas y analizar la estructura tridimensional de vórtices superficiales en un fluido en rotación constante. Mediante el uso de campos de densidad como datos de entrada, el método se aplica a anticiclones lenticulares baroclinicos generados mediante el método de inyección. Los resultados obtenidos se comparan con técnicas de Velocimetría de Imágenes de Partículas (PIV) y Perfilometría para su validación. Además, se extiende el método a campos de densidad obtenidos del reanálisis del modelo GLORYS12V1 de vórtices frente a Cabo Corrientes. Las correlaciones entre nuestros resultados y PIV fueron mayores al 85%.

OCE-45 CARTEL

DISTRIBUCIÓN Y APORTES DE C Y N DE TRICHODESMIUM SPP. ALREDEDOR DE COZUMEL E INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS LOCALES

Martínez Ricardo¹, Pintado Patiño José Carlos¹, Papiol Vanesa¹ y Rodríguez Gómez Carlos Francisco²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida, UNAM

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana

mtz.fig.ricardo@comunidad.unam.mx

Trichodesmium spp. (en adelante, Trichodesmium) son cianobacterias marinas capaces de llevar a cabo la fijación del nitrógeno (N) y carbono (C) por lo que contribuyen en la productividad biológica. Estos organismos son cosmopolitas. Sin embargo, su contribución es especialmente importante en mares tropicales y subtropicales en los que son más abundantes. Debido a que en el contexto mundial se ha proyectado aumento en la cobertura de ambientes oligotróficos, el estudio de Trichodesmium es relevante y necesario. La isla de Cozumel se ubica en el

Caribe mexicano, el cual es un mar típicamente oligotrófico. La batimetría alrededor de la isla presenta variaciones batimétricas muy marcadas. En el lado este de la isla se alcanzan profundidades mayores a los 2000 m; mientras que al oeste se encuentra el canal de Cozumel, con 18 km de ancho y profundidades máximas de ca. 400 m. Estas diferencias batimétricas afectan la hidrodinámica y distribución local de las propiedades físico-químicas en la columna de agua, lo cual puede tener efectos sobre la distribución de *Trichodesmium* y sus aportes. El efecto del ambiente abiótico sobre la distribución y producción de *Trichodesmium*, se ha centrado en el análisis de variables físicas y químicas, y pocos estudios analizan el efecto de la hidrodinámica. En el Caribe mexicano este conocimiento es especialmente escaso. Este estudio analiza la distribución de *Trichodesmium* y su contribución en la concentración de C y N marino, así como su relación con parámetros oceanográficos e hidrodinámicos en dos zonas distintivas alrededor de la isla Cozumel. Para ello, se determinó la densidad celular y la biomasa de C y N de *Trichodesmium* en muestras de fitoplancton de 14 estaciones distribuidas alrededor de la isla y tres estratos de profundidad (D): superficie (D Media = 6.38 m), máximo de clorofila (D Media = 79.2 m) y haloclina (D Media = 112.1 m). Además, se analizaron datos medidos de propiedades físico-químicas en las diferentes estaciones y datos del modelo HYCOM (experimento GOFS 3.1 con 1/12° de resolución espacial y 29 capas en la vertical) para la estimación de parámetros oceanográficos e hidrodinámicos. Se registraron dos especies de *Trichodesmium* (*T. erythraeum* y *T. thiebautii*) que presentaron altas densidades en la mayoría de las muestras, pero predominantemente, en las del lado este de la isla (canal de Cozumel). En todas las estaciones se presentó un patrón de disminución desde la superficie hasta la haloclina. Ligado a esto, los aportes de C y N siguieron el mismo patrón. Se presentaron tres masas de agua y en ambos lados de Cozumel se observaron diferencias en las propiedades de la columna de agua. Este análisis permitirá determinar correlaciones de la distribución de *Trichodesmium* con parámetros de distinta naturaleza, tales como disponibilidad de nutrientes, temperatura, salinidad, oxígeno, divergencia, vorticidad, número de Richardson, entre otros.

OCE-46 CARTEL

MODELACIÓN DE LA BIOGEOQUÍMICA DE BAHÍA DE TODOS SANTOS: BASE DE DATOS DE NUTRIENTES PARA VALIDAR EL MODELO

Gómez Romero Marcela Elisa¹, Camacho Ibar Víctor F.¹,
Delgadillo Hinojosa Francisco¹ y Enríquez Ortiz Cecilia Elizabeth²

¹Universidad Autónoma de Baja California
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gomez.marcela@uabc.edu.mx

Dado que la disponibilidad de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrato, fosfato y ácido silícico) es uno de los controles de la productividad primaria de un ecosistema, en la actualidad existe una creciente demanda en el uso de modelos numéricos que describan la dinámica de estos nutrientes en sistemas marinos. Estos modelos deben simular adecuadamente tanto los procesos físicos como biogeoquímicos, por lo que se requiere contar, de preferencia, con datos medidos de los parámetros a utilizar y de esta forma lograr una adecuada validación de dichas simulaciones. Estamos iniciando un estudio en el que se implementará un modelo físico-biogeoquímico acoplado con el objetivo de estudiar la dinámica estacional de los nutrientes inorgánicos en la Bahía de Todos Santos, ubicada en el sur del Sistema de la Corriente de California (SCC). El SCC es uno de los cuatro grandes sistemas de corrientes de límite oriental (EBUS por sus siglas en inglés), por lo que los patrones estacionales del viento son sumamente importantes como control de su dinámica física y biogeoquímica. Durante primavera y verano, el viento del noroeste genera el afloramiento de agua subsuperficial fría y rica en nutrientes, lo que provoca un periodo de alta productividad primaria a lo largo de la costa de toda la región. Además, dada su morfología, la BTS actúa como una "trampa" de aguas afloradas lo que repercute en la composición y la biomasa fitoplanctónica, así como en la concentración de nutrientes. Adicionalmente, el área se ve sometida también a procesos interanuales (Ej. eventos ENSO-El Niño) los cuales interrumpen los patrones estacionales promedio modificando las características oceanográficas de la zona, y provocando cambios en las comunidades de productores primarios y en la red trófica en general. Para validar el modelo biogeoquímico se está construyendo una base de datos de nutrientes y de variables hidrográficas en la BTS y en aguas adyacentes. Esta base incluye datos obtenidos durante cuatro campañas oceanográficas realizadas en agosto y noviembre de 2008 y febrero y junio de 2009, en las cuales se tomaron muestras de agua para el análisis de nutrientes y se hicieron lances de CTD en 20 estaciones ubicadas en la bahía. En este trabajo se discutirán las distribuciones horizontales y verticales de las concentraciones de nitrato, fosfato y ácido silícico en la BTS en el contexto hidrográfico prevaleciente en la región durante cada muestreo. Una vez validado el modelo biogeoquímico, pretendemos realizar experimentos numéricos que permitan simular la estacionalidad de la concentración de los nutrientes inorgánicos disueltos en la BTS, bajo diferentes escenarios climáticos pronosticados para la región, incluyendo la intensificación de los vientos y el aumento en la presencia de ondas de calor.

OCE-47 CARTEL

GENERACIÓN DE MAREA DE TORMENTA POR NORTES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Osorio Tai María Elena¹, Zavala-Hidalgo Jorge², Díaz-García Ovel¹ y Zarza Alvarado Miriam³

¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
tai@atmosfera.unam.mx

La marea de tormenta generada por nortes en el Golfo de México es estudiada identificando las características de los eventos que generan mayor amplitud en la elevación del nivel del mar. Para ello analizan y caracterizan los nortes a partir del reanálisis ERA5, datos del nivel del mar del Servicio Mareográfico Nacional operado por el Instituto de Geofísica de la UNAM y simulaciones con el modelo HYCOM. Los resultados muestran respuesta muy diferente en sitios a lo largo del Golfo de México, en particular Veracruz, Sánchez Magallanes y Progreso, los cuales son difíciles de simular. En algunas ocasiones, pero no siempre, se generan oscilaciones asociadas a ondas de plataforma.

OCE-48 CARTEL

CONECTIVIDAD HIDRODINÁMICA ENTRE LA PARTE SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y LA ZONA TRANSICIONAL DEL OCÉANO PACÍFICO

Montes Aréchiga Jorge Manuel y González Hernández Juan
Universidad de Guadalajara, UDG
jorge.montes@academicos.udg.mx

En este trabajo se estudia la conectividad hidrodinámica entre la Parte Sur del Golfo de California (GC) y la zona transicional del Océano Pacífico (ZTOP), para esto se utilizó el modelo de trayectorias lagrangianas OpenDrift y salidas del modelo HYCOM durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2016. Para analizar la conectividad entre ambas zonas, se definieron 17 polígonos en la ZTOP, desde la zona de cabo corrientes hasta la entrada del GC, de los cuales 9 se encuentran en la zona costera. En el GC se definieron seis polígonos, 2 en la zona costera continental, 2 en la zona costera peninsular y 2 en la parte central. Las matrices de conectividad obtenidas con las salidas del modelo de dispersión muestran ~60% de las partículas que se encuentran en los polígonos ubicados en la boca del GC se estancan debido a un sistema frontal asociado con un flujo anticiclónico ubicado en esta zona. Las partículas que no se atrapan en este sistema frontal, entran en un flujo paralelo al GC por el lado continental.

OCE-49 CARTEL

USO DE IMÁGENES SAR PARA LA DETECCIÓN DE SARGAZO EN EL CARIBE MEXICANO

Zavaleta Medrano Tabhata¹ y Zúñiga Tovar Angel Emmanuel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²CONAHCYT-Instituto de Geografía, UNAM
dxtntzm@gmail.com

El Sargazo, es una macroalga que provee hábitat, refugio y alimento a diversas especies marinas, por lo que, se considera un importante ecosistema marino. Sin embargo, su presencia masiva en diversas regiones del mundo, representa un grave problema. Por ello, es objeto de estudio de diversas disciplinas científicas que buscan entender su dinámica para reducir sus impactos. En México, el Caribe Mexicano (CM) es la región del país con mayor impacto por arribo de sargazo. Esta situación, genera pérdidas económicas y afectaciones al medio ambiente, a la población y a diversas especies (flora y fauna), además de generar impactos ambientales, asociados con su acumulación y descomposición en la playa, además del reto y costo asociado a su remoción y tratamiento. Desde su aparición en gran escala a finales del 2014, esta situación se ha incrementado de forma importante en conjunto con su impacto. Debido a la dinámica mostrada por el sargazo, es difícil su detección y monitoreo temprano, a través de los esfuerzos realizados en la actualidad (fotografías terrestres, cuantificación en playa, etc.), además del costo asociado al seguimiento a nivel local. Otras aportaciones, buscan cuantificar la cantidad y las áreas probables de arribazón de sargazo. Sin embargo, la extensión de la costa, los escasos recursos económicos y humanos y la accesibilidad a diversos lugares, dificultan realizar esta tarea. Actualmente, el uso de técnicas de percepción remota ha mostrado ser una herramienta importante para la identificación y monitoreo temprano de sargazo en costas mexicanas. Sin embargo, el uso de imágenes satelitales de sensores pasivos (SP), como principal insumo para la detección de sargazo, es afectado por la presencia de nubes, lo que limita la capacidad de observación de esta macroalga. Además, la resolución espacial utilizada por estos sensores (#225 m2) también dificulta la identificación de líneas y balsas de sargazo con menor dimensión, afectando la cantidad (volumen) probable de arribazón a las costas mexicanas. Es por ello, que el presente trabajo, propone utilizar imágenes satelitales de sensores activos (radar), con el objetivo de mejorar la detección temprana de sargazo en el CM. Debido a la resolución espacial de las imágenes (<100m2) y el nulo el efecto de las condiciones atmosféricas para adquirir información terrestre (oceánica), es posible la detección del sargazo con mayor exactitud que las proporcionada por los SP. A través del portal de la Agencia Espacial Europea, se obtuvieron imágenes de radar del sensor Sentinel 1A del verano de

2022, Level 1 – GRD, con resolución de 10m * 10m y polarización VV, VH y HV. El procesamiento de imágenes (calibración, corrección, filtros, geometría, etc.), se realizó, con el software SNAP. La validación de resultados, se realizó utilizando dos productos. 1) reportes y boletines de reportes de sargazo. Se obtuvo una eficiencia mayor al 85%. 2) detección con sensores pasivos. Se mejoró la detección en más del 40%. Podemos concluir que el uso de radar, representa una herramienta con potencial para la detección y cuantificación temporada de sargazo.

OCE-50 CARTEL

VARIABILIDAD DE LA SURGENCIA DE YUCATÁN Y SU RELACIÓN CON OSCILACIONES CLIMÁTICAS

Gallegos Gabriel y Souza Alejandro

CINVESTAV

gabriel.diez@cinvestav.mx

Las interacciones océano-atmósfera comparten gran cantidad de energía, lo suficientemente grande para regular el clima global. Estas interacciones contribuyen para modular los procesos oceanográficos importantes en los ciclos biogeoquímicos de los mares de plataforma. Se utilizaron reanálisis de modelos numéricos oceanográficos (NEMO-ORCA) y meteorológicos (ERA5) para entender las coherencias de forzamientos y procesos con oscilaciones climatológicas como el Niño Oscilación del Sur (ENSO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). Se utilizaron FEOs para estudiar la coherencia entre la Corriente de Yucatán, Los campos de viento y la surgencia de Yucatán con las oscilaciones climáticas más importantes de la región. Los resultados sugieren que la NAO influye la surgencia de Yucatán en frecuencias anuales y estacionales, mientras ENSO tiene influencia interanual.

Sesión regular

PALEONTOLOGÍA

Organizador

Miguel Angel Torres Martínez

PALEO-1

PRIMER REGISTRO DE CONODONTOS DEL MISISÍPICO EN EL ÁREA DE SANTIAGO IXTALTEPEC, OAXACA

Navas-Parejo Pilar¹, Guerrero Moreno Sandra² y Solari Luigi²¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM²Centro de Geociencias, UNAM

pilarnpg@geologia.unam.mx

La sección estudiada en este trabajo se localiza próxima al poblado de Santiago Ixtaltepec, municipio de Nochistlán, Oaxaca. Esta región es ampliamente conocida por incluir uno de los afloramientos más completos del Carbonífero de México y corresponde con el área tipo de las formaciones carboníferas Santiago e Ixtaltepec. La biota reportada hasta la fecha en dicha área es muy abundante e incluye representantes de importantes grupos de invertebrados como crinoides, bivalvos, trilobites, ammonioideos, corales rugosos y sobre todo braquiópodos. De hecho, la ocurrencia de distintas especies de estos últimos ha permitido recientemente datar la parte baja de la formación Ixtaltepec como perteneciente al Misisípico Tardío. La muestra estudiada en este trabajo pertenece a dicho intervalo. La asociación de conodontos que aquí se presenta está compuesta por *Gnathodus texanus* Roundy, *Gnathodus pseudosemiglaber* Thompson y Fellows y *Taphrognathus varians* Branson y Mehl. Estas especies de conodontos aparecen en asociación típicamente en el Misisípico Medio de Eurasia y Norteamérica. Esta edad no coincide con la edad Misisípico Tardío reportada previamente para el intervalo estudiado. Este reporte constituye la ocurrencia más meridional de dichas especies en el hemisferio occidental. Además, hasta la fecha, en el estado de Oaxaca sólo se habían reportado conodontos de edad ordovícica.

PALEO-2

PALEOAMBIENTES DE UNA SUCESIÓN CARBONATADA DEL PÉRMICO INFERIOR-MEDIO (CISURALIANO SUPERIOR-GUADALUPIANO INFERIOR) DE LA FORMACIÓN PASO HONDO DE CHIAPAS, MÉXICO

Ruiz-Naranjo Metzger¹ y Torres-Martínez Miguel Angel²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geología, UNAM

metzgerin@ciencias.unam.mx

En la región de Chicomuselo, Chiapas, aflora la Formación Paso Hondo del Pérmico inferior-medio (Artinskiano-Roadiano). Esta unidad litoestratigráfica del Paleozoico superior se compone especialmente de rocas carbonatadas, siendo la formación con mejor registro paleontológico del área. A pesar de que se han realizado estudios relacionados con los paleoambientes de depósito de la biota pérmica de Chiapas, aún existe una fuerte escasez de información relacionada con esta temática. Por lo tanto, en este trabajo se realizó un estudio paleoambiental mediante el análisis de microfácies y la medición de rayos gamma de una sección estratigráfica de 125 m, correspondiente a la parte superior de la Formación Paso Hondo, la cual está ubicada en el poblado de Allende, Municipio de Bellavista. Para esto, se consideró el modelo de rampa homoclinal, debido a que ha sido reportado previamente para esta formación. El análisis de microfácies permitió reconocer diferentes paleoambientes de depósito asociados a condiciones marinas de rampa interna, incluyendo la zona de laguna y la zona de aguas abiertas, así como condiciones marinas de rampa media. Los principales aloquímicos en esta sección incluyeron foraminíferos bentónicos, algas filiciales, peloides, equinodermos, briozoos, braquiópodos y crinoideos. Además, la sucesión de facies registrada a lo largo de la sección estudiada permitió identificar variaciones paleobatimétricas que influyeron en los registros sedimentológicos, ambientales y biológicos presentes en la Formación Paso Hondo. Mediante la espectrometría de rayos gamma se obtuvo la concentración de U (ppm), Th (ppm) y K (%) a lo largo de la sección estudiada, para así generar las curvas de las relaciones U/Th y Th/K. A partir de la evaluación de estas curvas se pudo reconocer que los paleoambientes de depósito a lo largo de esta sección fueron principalmente anóxicos a disóxicos, así como también se reconocieron posibles variaciones de las condiciones climáticas que en determinados momentos intensificaron la meteorización en la zona de influencia continental de la cuenca, al pasar de un clima árido a uno más húmedo.

PALEO-3

NUEVOS REGISTROS DE NAUTILOIDEOS DEL PÉRMICO MEDIO (WORDIANO-CAPITANIANO) DE COAHUILA, MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Rosas-García Hugo¹, Torres-Martínez Miguel Angel² y Quiroz-Barragán Jesús³¹Facultad de Ciencias, UNAM²Instituto de Geología, UNAM³Museo Paleontológico de La Laguna

ga_ruh076@ciencias.unam.mx

En la región norte de la República Mexicana, en específico en el estado de Coahuila, afloran rocas de la Formación Las Delicias, las cuales corresponden a sucesiones sedimentarias marinas del Pérmico inferior-medio. Tal unidad litoestratigráfica se ha dividido en 11 unidades informales (litosomas) que van del Artinskiano al ?Wuchiapingiano. Dichas rocas poseen un amplio registro fósil, reportando fusulinidos y otros foraminíferos bentónicos, esponjas, conuláridos, corales rugosos, moluscos, trilobites, braquiópodos, briozoos y conodontos. En particular, esta región destaca por su alta diversidad de cefalópodos pérmicos, los cuales están representados tanto por ammonioideos como por nautiloideos. Es así, como en el presente trabajo se describen los nautiloideos pertenecientes a las localidades conocidas como "Las Manueles", "Las Margaritas", "La Difunta", "Encumbra", "Palo Quemado", "San Francisco", "San Pedro" y "Cerro Prieto", las cuales pertenecen al Wordiano-Capitaniano (Pérmico medio) de la Formación Las Delicias. De manera preliminar, se ha detectado la ocurrencia de los siguientes taxones: *Bitauinoceras* coahuilense, *Endolobus spectabilis*, *Sicilioceras paterno*, *Liroceras globulare*, *Liroceras* sp. 1, *Liroceras* sp. 2, *Hemiliroceras* sp., *Peripetoceras* sp., *Pleuronautilus* sp., *Stearoceras conchiferum* y *Titanoceras ponderosum*. En cuanto a la paleobiogeografía, resalta que gran parte de estos taxones han sido reportados en diferentes regiones geográficas, aparte de Norteamérica, con ocurrencias en Italia, Rusia, Paquistán, Irán, Japón y China; e incluso formas como *Sicilioceras* y *Hemiliroceras* nunca se habían registrado previamente en América. Esto sugiere que durante el Pérmico medio los nautiloideos pudieron haberse desplazado entre diferentes regiones a través del océano Panthalassa, de un lado al otro de Pangea, tal como se ha reportado previamente en otros cefalópodos como los ammonioideos. El registro de los géneros *Sicilioceras*, *Hemiliroceras*, *Stearoceras*, *Endolobus*, *Peripetoceras*, *Pleuronautilus* y *Titanoceras* es el primero para México.

PALEO-4

CONODONTOS DEL PENSILVÁNICO Y MICROFACIES DE LA FORMACIÓN DEL MONTE DEL GRUPO TAMATÁN, TAMAULIPAS (NE DE MÉXICO)

Casas Peña Juan Moises¹, Navas-Parejo Pilar¹,
Ramírez Fernández Juan Alonso² y Jenchen Uwe²¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM²Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAM

jmoises@geologia.unam.mx

Los conodontos son cordados marinos de cuerpo blando que contienen partes fosfáticas duras denominadas elementos conodontales. Estos se fosilizan principalmente en rocas carbonatadas marinas del Paleozoico y Triásico. Entre las aplicaciones de estos microfósiles, destaca su utilidad como datadores relativos bioestratigráficos para el Paleozoico y el Triásico. En México, los estudios sobre conodontos son limitados y se han registrado, por ejemplo, en ciertas localidades con rocas paleozoicas en el estado Sonora. En Tamaulipas afloran rocas clásticas y carbonatadas, además de un cuerpo félsico, que conforman al Grupo Tamatán de edad paleozoica. El registro fósil que se tiene hasta el momento del Grupo Tamatán incluye principalmente trilobites, braquiópodos, amonoideos, fusulinidos y crinoideos, los cuales han permitido definir una estratigrafía detallada. Este trabajo presenta el primer estudio de conodontos complementado con el análisis de microfácies de la Formación Del Monte del Grupo Tamatán. Los resultados preliminares revelan tres unidades distintivas: un conglomerado basal con grandes clastos de lodo tipo débris, secuencias clástico-carbonatadas de espesor variable e intercalaciones delgadas de areniscas y lutitas tipo turbiditas. El análisis de microfácies de 12 niveles muestreados revelan la predominancia de grainstone bioclástico (SMF: 11), wackestone bioclástico (SMF: 9) y mudstone (SMF: 3). Los granos esqueléticos incluyen foraminíferos bentónicos, fragmentos de moluscos así como abundantes ooides, peloides e intraclastos. Los conodontos aparecen principalmente en los grainstones con una predominancia de géneros

como Idiognathoides, Neognathodus e Idiognathodus, que sugieren una edad del Pensilvánico Inferior a Medio. La aparición también de algunos ejemplares de Streptognathodus hace que el rango de edad se pueda extender al Pensilvánico Superior. Tanto el trabajo de campo, como las microfácies y los conodontos indican que el depósito tuvo lugar en el margen de la plataforma y el talud conectado a una cuenca más profunda.

PALEO-5

REGISTRO FÓSIL DE LA ESPONJA “CORALINA” ACANTHOCHAETETES (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) EN EL MUNDO Y EN MÉXICO: IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Sánchez-Beristain Francisco¹ y García-Barrera Pedro²

¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

sanchez@ciencias.unam.mx

Las esponjas “coralinas” -anteriormente miembros de la clase polifilética “Sclerospongiae” HARTMAN Y GOREAU- son un taxón-forma ampliamente distribuido a lo largo del tiempo geológico, con una especial preponderancia desde el Paleozoico y hasta el Eoceno. En la actualidad, se ven representadas por sólo quince especies, dentro de las que destacan *Ceratoporella nicholsoni* (HICKSON), *Merlia normani* KIRKPATRICK, *Petrobiona massillata* VACELET & LÉVI, *Vaceletia crypta* (VACELET), *Murrayona phanolepis* KIRKPATRICK y *Acanthochaetes wellsi* HARTMAN & GOREAU. El género que engloba a la última especie mencionada cuenta con un registro fósil que se extiende desde el Jurásico hasta el Reciente, con numerosos hiatos a lo largo del tiempo geológico. El registro más antiguo del género procede desde el Oxfordiano (Jurásico Tardío) de Italia, con la presencia de *Acanthochaetes foroiulensis* ZUFFARDI-COMERCI. A partir de este momento, existe un hiato hasta el Hauteriviense (Cretácico Temprano), que finaliza con el registro de *A. huaucillensis* SÁNCHEZ-BERISTAIN & GARCÍA-BARRERA, una especie con registro hasta el Cenomaniano, nativa de México y con una distribución hasta el actual territorio de la India. Desde el Hauteriviense y hasta el Cenomaniano (Cretácico Tardío) se tiene el registro de cinco especies del género, distribuidas a lo largo y ancho del Océano de Tetis, que son *A. huaucillensis*, *A. ramulosus* FISCHER, *A. reitneri* SÁNCHEZ-BERISTAIN ET AL., *A. seunesi* FISCHER, y *A. sloveniensi* FLÜGEL & RAMOVŠ. Posteriormente, existe un hiato para el Turoniano, reanudándose el registro durante el Coniaciano (Cretácico Tardío) con la presencia de *A. krumbachensis* SENOWBARI-DARYAN ET AL. en Austria. Desde el Santoniano y hasta el Maastrichtiano (Cretácico Tardío), no existen registros del género; sin embargo, en el Paleoceno, éste reaparece con la presencia de *A. fischeri* y después en el Eoceno de España con *A. eocena* (RIOS & ALMELA). Al concluir esta época del Paleógeno, existe un hiato de más de 40 millones de años, que finaliza con el registro de la única especie actual del género, *Acanthochaetes wellsi*, una esponja que habita en las aguas del Pacífico. Es pertinente mencionar que tanto *A. wellsi* como *A. seunesi* poseen una combinación de espículas del tipo microsclera, lo cual ha llevado a su reclasificación como miembros del género *Spirastrella* SCHMIDT. En cualquier caso, todos los miembros fósiles del género se han encontrado a lo largo toda la extensión del Tetis, habitando en plataformas carbonatadas y como parte de asociaciones dominadas por rudistas con gasterópodos, corales y encostrantes como elementos accesorios. Los primeros registros de *Acanthochaetes* fueron encontrados en Europa; sin embargo, en los últimos cuatro años se han documentado cinco nuevos registros: dos en Medio Oriente, uno en Filipinas, uno en la India y uno en México, aumentando así la paleodistribución del género y llenando de manera importante hiatos estratigráficos preexistentes. (SNII-CVU: 48315; SNII-CVU: 33885).

PALEO-6

PRIMER REGISTRO DEL MICROCPROLITO PALAXIUS SALATAENSIS EN EL APTIANO (CRETÁCICO TEMPRANO) DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS

Torres-Martínez Miguel Angel, Núñez-Useche Fernando y Barragán Ricardo

Instituto de Geología, UNAM

miguelatm@geologia.unam.mx

Los microcoprolitos de *Palaxius salataensis* son granos de carbonato no esqueléticos producidos por camarones callianassidos. Esta icnoespecie se reconoce por cuatro canales longitudinales dispuestos alrededor de un plano de simetría bilateral, con contorno de media luna en sección transversal. *Palaxius salataensis* ha sido reportada previamente en otros países, y en estratos desde el Paleozoico tardío hasta el Mesozoico. En este estudio, describimos el primer registro Aptiano de la icnoespecie, la primera ocurrencia del Cretácico en América del Norte y la quinta ocurrencia en todo el mundo. *Palaxius salataensis* se encontró en un packstone-grainstone con abundantes pellets y fragmentos de conchas de gasterópodos comunes e intraclastos subangulares mal clasificados. El paleoambiente se caracterizó por aguas poco profundas con condiciones de alta energía, cerca del margen de la plataforma, donde predominaron las condiciones ricas en nutrientes y bien oxigenadas. El estrato rico en microcoprolitos del Cañón de La Huasteca ocurre sobre un intervalo de grainstone oolítico en los niveles superiores de la Formación Cupido, interpretado como la terminación del Evento Anóxico Océánico del Aptiano temprano 1a (OAE 1a). La presencia de *P. salataensis*

en los niveles superiores de la Formación Cupido está directamente relacionada con la disponibilidad de materia orgánica más que con la recuperación de oxígeno.

PALEO-7

INTERACCIONES PLANTA-INVERTEBRADO EN PLANTAS TERRESTRES Y MARINAS DURANTE EL CENOMANIANO(CHIAPAS, MÉXICO)

Santos Artai A.¹, Rubalcava-Knoth Marco², Hernández-Damián Ana³, Montes-Osnaya Nayely⁴, McLoughlin Stephen⁵, Villanueva-Amadoz Uxue¹ y Cevallos-Ferriz Sergio³

¹ERNO, Instituto de Geología, UNAM

²Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Geología, UNAM

³Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, UNAM

⁴Facultad de Ciencias, UNAM

⁵Department of Palaeobiology, Swedish Museum of Natural History

artai@geologia.unam.mx

Las plantas y los artrópodos son en términos de diversidad y biomasa los dos principales grupos en los ecosistemas terrestres. La evidencia fósil de estos dos grupos y especialmente de sus interacciones proporcionan valiosa información filogenética, paleoecológica y paleoclimática para reconstruir las condiciones biológicas y ambientales del pasado geológico. En este trabajo presentamos las interacciones planta-insecto del yacimiento Konservat-Lagerstätte del Chango (Fm. Cintalapa; Chiapas), datado con ammonioideos como Cenomaniano. Este yacimiento es interpretado como un paleoambiente parílico con una importante biodiversidad que incluye plantas, moluscos, peces, artrópodos y equinodermos. La asignación taxonómica de algunas angiospermas, gimnospermas, ammonioideos y peces ya ha sido documentada. Sin embargo, la abundancia y preservación de los fósiles vegetales de este yacimiento ofrecen una excelente oportunidad para estudiar la dinámica de las interacciones entre plantas e invertebrados durante la Revolución Terrestre del Cretácico (KTR) en Norte América. En esta comunicación identificamos por primera vez interacciones planta-invertebrado en estos depósitos. Para ello se examinaron más de 800 especímenes de gimnospermas y angiospermas fósiles, incluyendo angiospermas marinas (pasto marino). Las observaciones preliminares sugieren que los invertebrados herbívoros prefieren a las angiospermas sobre las gimnospermas como alimento, mostrando una menor incidencia de interacciones en este grupo. Se documentan varios Tipos de Daño (TDs) pertenecientes a diferentes Grupos Funcionales de Alimentación (FFGs) que incluyen la alimentación por perforación, alimentación marginal, alimentación superficial, perforación y succión, minería y la formación de agallas. Las interacciones respaldan la propuesta de que El Chango es un ecosistema maduro y consolidado con intensas tasas de herbivoría. Además, se trata del registro más antiguo a nivel mundial de interacciones entre plantas e invertebrados en angiospermas marinas primitivas (pasto marino), lo que sugiere que los herbívoros marinos durante la Revolución Terrestre del Cretácico (KTR) habían conseguido adaptar sus estrategias de alimentación a estos grupos botánicos.

PALEO-8

UN PEZ TELEÓSTEO ENIGMÁTICO DEL CRETÁCICO TARDÍO ENCONTRADO EN LA CANTERA SAN JOSÉ DE GRACIA, PUEBLA, ZONA CENTRO DE MÉXICO

Medina Castañeda Carlos Iván¹, Magno Cantalice Kleyton² y Castañeda Posadas Carlos¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

cmrivan246@gmail.com

La localidad de San José de Gracia se ubica al sur del estado de Puebla. Los estratos de esta localidad se componen de arcillas pobremente carbonatadas, la edad del sitio ha sido datada para el Turoniano, Cretácico Tardío debido a la presencia de inoceramidos de la especie *Mytiloides labiatus*. En total, se han recuperado 200 fósiles de organismo marinos en su mayoría representados por peces, de los cuáles se han identificado representantes de Clupeiformes (Clupeidae), Aulopiformes (Dercetidae, Enchodontidae) y Sphenoccephaliformes (Sphenoccephalidae). A partir del estudio morfológico de un único ejemplar, se ha verificado la presencia de un hueso extraescapular desarrollado, una aleta dorsal acuminada y hueso retroarticular excluido de la articulación cuadrado-mandibular. Estas son características diagnósticas del orden Crossognathiformes, un grupo actualmente extinto, cuyo rango temporal abarcó del Jurásico Tardío al Eoceno. Al comparar al fósil de estudio con otros Crossognathiformes descritos en México, se muestran características que no se conocen en otros taxones como: tres postcleithra; hueso extraescapular ovalado; primer y último pterigióforo de la aleta dorsal con forma de escudo, lo que lo asignaría como un nuevo taxón. Sin embargo su asignación dentro de este orden no resulta concluyente debido a que el análisis filogenético, lo ubica fuera de este orden. A pesar de su posición filogenética incierta dentro de los teleosteos, las características reportadas en este fósil indican que se trata de un nuevo taxón descrito para México, reforzando la hipótesis de que el país fue clave para la diversificación de teleosteos durante el Cretácico.

PALEO-9

BIOEVENTOS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS Y CONDICIONES PALEOAMBIENTALES DE LA PLATAFORMA BURRO-PEYOTES COAHUILA, MÉXICO DURANTE EL CRETÁCICO

Gutiérrez-Puente Nicté Andrea¹, Gil-Bernal Felipe¹, Barragán Ricardo², Enciso Cárdenas Juan Josué³ y Núñez Useche Fernando²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila
nichteandrea@gmail.com

En las sucesiones sedimentarias del Cretácico se han registrado horizontes ricos en carbono orgánico asociados a episodios de cambio global acelerado que se conocen como Eventos Anóxicos Oceánicos (OAE's). Estos eventos se caracterizaron por generar extensos depósitos de sedimentos con alto contenido de materia orgánica durante periodos de clima global cálido y actividad volcánica intensa, condiciones que provocaron cambios en la productividad marina y en la estructura de comunidades planctónicas. Recientemente en el Cretácico Superior del noreste de Coahuila, México, se han reportado evidencias geoquímicas y litológicas que sugieren cambios en las condiciones redox entre los Miembros Superior e Inferior de la Formación Eagle Ford, que podrían estar asociados al Evento Anóxico Oceánico 2 (OAE-2) del Cenomaniano-Turoniano. Específicamente, el núcleo Irme-1 de la Plataforma Burro-Peyotes, presenta una sucesión de rocas carbonatadas que abarca las formaciones Buda e Eagle Ford. En la Formación Buda se observó una textura principalmente de packstone-wackestone gris con un dominio de calcisferúridos y radiolarios. En contraste, la Formación Eagle Ford mostró una textura de wackestone marrón oscuro donde los foraminíferos planctónicos representan el grupo dominante. Con el fin de realizar una interpretación paleoambiental y conocer los efectos del cambio global acelerado en el plancton marino de la Plataforma Burro-Peyotes, en este trabajo se realiza un análisis bioestratigráfico a partir de láminas delgadas del núcleo Irme-1, para establecer un marco temporal con base en biozonas de foraminíferos planctónicos, y determinar condiciones tróficas de la columna de agua a través del análisis cuantitativo y distribución vertical de los distintos grupos de microfósiles. Hasta el momento se ha estudiado un intervalo de 52 m que abarca las Formaciones Buda e Eagle Ford, donde los bioeventos de primera y última ocurrencia de especies índice de foraminíferos planctónicos como *Praeglobotruncana gibba*, *Rotalipora cushmani*, *Huberella*, *Dicarinella marianosi*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica* y *Dicarinella concavata*, permiten inferir que el intervalo del núcleo Irme-1 que va de los 153 a los 110.7 m, se depositó entre las biozonas *Rotalipora cushmani* a *Marginotruncana schneegansi* del Cenomaniano al Turoniano, en un ambiente de depósito de plataforma abierta por debajo del nivel base de tormenta. De forma similar a lo observado en el núcleo Irme-2 de la Cuenca de Sabinas, en la Biozona *Rotalipora cushmani* del núcleo Irme-1, se identificaron bioeventos de filamentos, niveles con presencia de foraminíferos bentónicos infaunales, además del evento conocido como "Heterohelix shift", que suele presentarse asociado a la excursión positiva del $\delta^{13}C$ característica del OAE-2. Este bioevento representa un incremento considerable de foraminíferos planctónicos biseriales del género *Planoheterohelix* respecto a formas trocospirales como son los géneros *Muricohedbergella* y *Whiteinella*, denotando condiciones inestables y mesotróficas-eutróficas en la columna de agua.

PALEO-10

FLORES CRETÁCICAS DE RHAMNACEAE DE TZIMOL (FM. ANGOSTURA, CHIAPAS)

Hernández Damián Ana Lilia¹, Quintanar Castillo Angélica² y Cevallos Ferriz Sergio R. S.¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

aliliandez@geologia.unam.mx

Durante el Cretácico Medio-Temprano las plantas con flor se volvieron el grupo dominante en los ecosistemas terrestres, siendo su origen y diversificación un tema altamente debatible. Para abordar el problema el estudio de flores fósiles es fundamental ya que son estructuras con alta señal taxonómica. En los últimos años, el registro de flores cretácicas en el mundo ha aumentado drásticamente, sin embargo, su documentación en latitudes bajas de América del Norte es relativamente escaso. En este estudio se describen flores del yacimiento Konservat-Lagerstätte Tzimol (Fm. Angostura; Chiapas) datado como Campaniano, en el cual se ha documentado importante paleobiodiversidad debido a la presencia de foraminíferos y algas, así como microfósiles de plantas, vertebrados e invertebrados. En este trabajo se examinan siete ejemplares preservados como impresiones/compresiones carbonosas los cuales fueron observados a través de microscopía de luz transmitida. Las flores fósiles son bisexuales, pediceladas, con perianto que forma un hipantio, de 5-6 pétalos cóncavos, 5-6 estambres alternipétalos, anteras dorsifijas, disco extraestaminal, y ovario ínfero. Estos caracteres son comparables cercanamente con *Rhamnaceae*, especialmente la presencia de un disco nectarial extraestaminal y estambres alternipétalos, sin embargo, estos caracteres morfológicos no son los suficientemente informativos para asignarlo a un miembro actual del grupo. La presencia de *Rhamnaceae* en el Cretácico del sur de México sustenta la larga historia del linaje en la región, y sugiere que es posterior al Cretácico que se diferencian los miembros actuales de

Rhamnaceae. Para sustentar o contrastar esta idea es fundamental continuar con la documentación de fósiles *rhamnáceos*, así como su análisis a través del contexto filogenético con el fin de mejorar nuestra comprensión de la combinación de caracteres y taxones dentro del grupo.

PALEO-11

ESTUDIO PRELIMINAR DE UNA ASOCIACIÓN DE OSTRÁCODOS DEL CAMPANIANO (CRETÁCICO TARDÍO) DE SONORA, MÉXICO

Campos-Méndez Mirhan¹, Torres-Martínez Miguel Angel², Hernández-Rivera René² y González-León Carlos Manuel³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
mirhancamen@ciencias.unam.mx

El estado de Sonora se caracteriza por sus numerosos afloramientos de edades cretácicas, entre los que destacan los del Grupo Cabullona. Estos son de gran relevancia por su gran diversidad de fauna y diferentes litologías. Dicho grupo del Campaniano-Maastrichtiano inferior se compone de lutitas, areniscas, conglomerados y calizas, las cuales se han relacionado con diferentes ambientes sedimentarios, tal como abanicos aluviales, ríos, lagos, deltas, e incluso se han asociado con aportes marinos. En los alrededores del pueblo de Esqueda, están expuestas rocas de este grupo donde se han encontrado diversos especímenes de distintos invertebrados, como bivalvos, gasterópodos, esponjas y ostrácodos; además, existe la presencia de estromatolitos e icnofósiles. En particular, la fauna de ostrácodos aquí estudiada fue colectada en una localidad denominada como "Agua del Conejo", dentro del Municipio Fronteras, a la cual se le asignó una edad de 74 Ma (Campaniano). Al momento, se ha detectado la presencia de tres taxones diferentes, de los cuales dos fueron relacionados con las especies *Ovocytheridea anterocompressa* y *Eucythere ovoides*, mientras que hay una tercera morfología de un género indeterminado de la familia Bairdiidae. Estos géneros se han reportado previamente en países como Portugal, Brasil, Jamaica, Egipto y Reino Unido, los cuales han sido relacionados con el mar del Tetis. Esto señala que tales taxones de ostrácodos vivieron hasta la región noroeste de México a finales del Cretácico. La presencia de estos microfósiles en limolitas con arenas de grano fino indica que estos organismos se depositaron en un ambiente de baja energía, posiblemente en una zona deltaica o de laguna costera. Este es el primer registro de los géneros *Ovocytheridea* y *Eucythere* en México.

PALEO-12

MADERAS DE DICOTILEDÓNEAS DE LA FORMACIÓN TEPETATE (EOCENO MEDIO-SUPERIOR) DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Mejía-Roldan Angelica¹, González-Barba Gerardo², Rodríguez-Reyes Oris³ y Estrada-Ruiz Emilio¹

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Universidad Autónoma de Baja California Sur

³Universidad de Panamá, Panamá

angi.zoldyck18@gmail.com

Durante el Cenozoico existieron fuertes y diferentes fluctuaciones climáticas que jugaron un papel importante en la conformación de la flora a nivel mundial. En particular, en la época del Eoceno, inició un aumento de la temperatura, siendo uno de los calentamientos globales más importantes y extremos en términos geológicos que se han registrado en la historia geológica, denominado como el Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno. A finales de esta época sucede el enfriamiento de las regiones polares, disminuyendo considerablemente la temperatura hasta obtener un clima de tipo tropical a templado. Las maderas del presente estudio provienen de la Formación Tepetate (Eoceno medio-superior), que es una de las unidades lito-estratigráficas de origen marino más importantes en el estado de Baja California Sur, México; en ella, se recolectaron varios ejemplares de maderas de dicotiledóneas. Se realizó su determinación taxonómica con base en los caracteres anatómicos de cuatro maderas (T41, TM2, TM3 y TM7). Dos de ellas (T41 y TM2) presentan las siguientes características: anillos de crecimientos, vasos solitarios y en múltiplos radiales de 2 a 3 vasos, placas de perforación simples, alto porcentaje de radios uniseriados en combinación con la presencia de canales radiales, fibras septadas y no septadas, radios heterocelulares y ausencia, o poca presencia, de parénquima axial; caracteres que se presentan en la familia *Anacardiaceae* del orden Sapindales. La muestra TM3 presenta: anillos de crecimientos distinguibles, porosidad difusa, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, fibras no septadas, parénquima axial aliforma alado, vasicéntrico, radios uniseriados a biseriados, homocelulares; caracteres pertenecientes a la familia *Fabaceae*. Por otro lado, la muestra TM7 tiene: sin anillos de crecimiento distinguibles, porosidad difusa, vasos solitarios y en múltiplos de 2 hasta 4, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, fibras no septadas, parénquima axial y vasicéntrico escaso, punteaduras vaso-radio con borde reducido, radios uniseriados a biseriados, presencia de tilides en los vasos, radios homocelulares. En particular, las familias *Anacardiaceae* y *Fabaceae* tienen sus registros en México desde el Cretácico Tardío, indicando que para el Cenozoico representaron componentes importantes en las selvas tropicales y subtropicales del Eoceno.

PALEO-13

INTERACCIONES PLANTA-INSECTO EN EL EOCENO DE LA POPA (FM. CARROZA; NUEVO LEÓN)

Carrillo-Albarran Emiliano¹, Hernández-Damián Ana L.², Santos Artai A.³, Villanueva-Amadoz Uxue³ y Cevallos-Ferriz Sergio R. S.²

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, ENCIT

²Instituto de Geología, UNAM

³Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
emilianocarrillo@encit.unam.mx

Para comprender la evolución de las interacciones planta-insecto es necesario identificar e interpretar los abundantes y diversos vínculos ecológicos que han tenido lugar a lo largo del tiempo geológico, uno de los principales tipos de interacciones es la herbivoría. Las evidencias fósiles de herbivoría han sido escasamente documentados en latitudes bajas de América del Norte. Reportamos por primera vez interacciones en hojas y frutos de angiospermas, plantas con flor, colectados en la localidad La Popa del Eoceno de Nuevo León, México. La Popa forma parte de la Fm. Carroza, que representa la unidad más joven del Grupo Difunta, datada con ostreoides como Eoceno medio. Se conforma principalmente de lechos rojos compuestos de rocas de grano fino a grueso, en donde se han reportado hojas y frutos preservados como impresiones/compresiones de la familia Leguminosae, así como de Salicaceae, Malvaceae y Burseraceae. De manera preliminar, en este trabajo se describen e identifican la diversidad de interacciones planta-insecto a través de la revisión más de 500 ejemplares de hojas y frutos. Las muestras estudiadas están depositadas en la colección del Laboratorio de Paleobotánica del Instituto de Geología, UNAM. Para la identificación de las interacciones se ha seguido la propuesta de Labandier et al. (2007), que agrupa las interacciones en Grupos Funcionales de Alimentación (FFGs) y Tipos de Daño (DTs). El estudio preliminar de la asociación de La Popa evidencia una elevada diversidad de interacciones planta-insecto, con presencia de varios FFGs incluyendo alimentación por medio de agujeros (hole feeding), alimentación marginal (margin feeding), alimentación superficial (surface feeding), perforación y succión (piercing and sucking), alimentación por minería (mining), agentes patógenos (pathogens) y formación de agallas (galling). Estos resultados corroboran la presencia de complejas relaciones ecosistémicas entre plantas e insectos en las comunidades vegetales presentes en el Eoceno en La Popa. Además, la gran variedad de DTs es indicativo de una elevada diversidad de insectos adaptados a diferentes modos de alimentación presentes en los bosques eocénicos de Nuevo León.

PALEO-14

FOLIOLOS RELACIONADOS CON EL CLADO MIMOSOIDEA (CESALPINOIDEAE), LEGUMINOSAE EN EL ÁMBAR DE MÉXICO

Rubalcava Knott Marco Antonio¹, Hernández Damián Ana Lilia² y Cevallos Ferriz Sergio R. S.²

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

paleoplantas@gmail.com

En el estado de Chiapas, México, se encuentra localizado uno de los depósitos de ámbar más importantes en el mundo. Este ámbar destaca por la gran cantidad de bioinclusiones (animales y vegetales), por tener edad relativamente joven, con alrededor de 23-15 Ma. (Mioceno temprano) y por formar actualmente parte de la región Neotropical. Dichas características permiten reconocer al ámbar mexicano como una fuente de información única para el estudio de la historia de la vegetación en la región, donde el registro fósil de plantas es poco frecuente. Las angiospermas (plantas con flor) son el grupo mejor representado en el ámbar mexicano con alrededor de 18 familias entre las cuales destaca Leguminosae, identificada a través de flores y hojas, algunas identificadas como miembros de la subfamilia Cesalpinoideae (clado Mimosoidea). En este trabajo se describe y documenta desde un enfoque numérico comparativo con taxones fósiles y actuales nuevos foliolos preservados en el ámbar relacionados con el clado Mimosoidea. Los foliolos de las hojas compuestas de este clado son pulvinulados varían de pubescentes a glabros, ligeramente asimétricos o asimétricos, elípticos-ovados con margen entero, base asimétrica, ápice de forma obtusa a acuminada, venación primaria pinnada y venación secundaria broquidódroma y/o eucamptodroma, y venación terciaria percurrente mixta a reticulada. La presencia de estas características en el material fósil sustenta la presencia del clado Mimosoidea en el pasado en el sur de México. Aún más, los foliolos tienen arquitectura foliar cercanamente comparable a la documentada en miembros actuales del clado Mimosoidea incluyendo Calliandropsis, Acacia, Albizia, Prosopis, Mimosa, Dichrostachys, y Gagnebina, sin embargo, la semejanza en patrones de arquitectura foliar entre estos taxa dificulta su asignación dentro de alguno(s) de estos grupos. Por esta razón, es fundamental continuar con el estudio de hojas compuestas en el ámbar mexicano y de las plantas actuales con foliolos semejantes, ya que el aumento de su muestreo ayudará a hacer disponibles datos morfológicos para su comparación detallada, lo que seguramente refinará las determinaciones taxonómicas.

PALEO-15

LOS GONFOTERIDOS DEL NEÓGENO TARDÍO DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Carranza y Castañeda Oscar

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
carranza@geociencias.unam.mx

El primer registro de Gomphotherium, de la Formación Mascall del Barstoviano temprano de Oregon. Los registros fósiles tuvieron amplia distribución en faunas del oeste de USA y sus desplazamientos hacia el sur fueron por la costa occidental llegando a la fauna del norte de Coalinga, Barstoviano temprano-tardío de California. El rango estratigráfico de Gomphotherium hondurensis en faunas de USA es Barstoviano temprano de Oregon al Henfiliano tardío de Florida. Los Gonfoteridos alcanzaron Centroamérica y fueron descritos como (Blickotherium blicki Frick 1933 y Aybelodon hondurensis Frick 1933 =) Gomphotherium hondurensis de las faunas del Henfiliano temprano. de Gracias y Tapasuma en Honduras. Los registros de Gomphotherium hondurensis en México, resultado de investigaciones del Centro de Geociencias, UNAM se descubrió un fragmento de mandíbula con m3 y un paladar con M3-M2 del Henfiliano temprano de Cofradía de Zacatecas. En el poblado de Landa de Matamoros, Querétaro, se colectó mandíbula y paladar del mismo individuo. En depósitos del Henfiliano tardío de la cuenca de Tecolotlán, Jalisco se colectó mandíbula y colmillos superiores e inferiores asignados a Gomphotherium hondurensis, la mandíbula y el esmalte espiralado de los colmillos, es un carácter observado en Rhynchotherium. Esto sugiere el preludio de la diversificación de caracteres de Rhynchotherium, de acuerdo con Savage 1955, están en la línea evolutiva. En depósitos del Blancano temprano, 3.6 Ma de Rancho La Goleta, Michoacán, se colectó la mandíbula y cráneo del mismo individuo asignado a Rhynchotherium falconeri, que se diferencia de Gomphotherium por la mayor altura del cráneo, el rostro más corto y la sínfisis mandibular dirigida hacia abajo en un ángulo mayor de 65°. Otro registro importante del Blancano temprano de San Miguel Allende, se colectó un fragmento de cráneo y mandíbula casi completa del mismo individuo, con diferencias notables, sínfisis mandibular, más recta larga y menos profunda que la diferencia de R. falconeri, fue asignada a Rhynchotherium browni, éste es el primer registro fuera de Sonora, la edad radiométrica de 3.1 Ma confirma su asignación al Blancano temprano. En la secuencia estratigráfica de Rancho El Ocote, en depósitos del Nivel Blanco, Henfiliano tardío Hh4, (4.85 Ma), se colectó la mandíbula completa de Stegomastodon primitivus. Este registro asociado con Dinohippus mexicanus, Teleoceras fossiger y Borophagus secundus, lo sitúan como el registro de Stegomastodon primitivus más antiguo en faunas del Henfiliano tardío Norte América. En los depósitos de Santa María Amajac, estado en Hidalgo, se colectaron molares de Stegomastodon asociados con un P4 de Teleoceras y mandíbula de Desmathyus brachydontus. Estos registros son evidencia para considerar que Stegomastodon primitivus se diversificó en faunas del centro de México. Finalmente, en el arroyo de EarthWatch del Blancano temprano (U/Pb, 3.1 Ma) Ma de San Miguel Allende. Se colectó la mandíbula de un adulto referido a Stegomastodon primitivus con caracteres similares con los especímenes de Blancano temprano-tardío de las faunas de New México. Estas evidencias confirman la importancia de las cuencas sedimentarias del centro de México en la evolución de faunas de mamíferos del Neógeno tardío.

PALEO-16

PATRONES AMBIENTALES Y BIOGEOGRÁFICOS DEL ESPECTRO DE POLLEN NEOTROPICAL

Sánchez-Ramos Luis Enrique y Correa-Metrio Alexander

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
sanchez_ramos@geociencias.unam.mx

La composición y estructura de la vegetación neotropical responde a diversos procesos ecológicos y evolutivos en múltiples escalas espaciales y temporales. En una escala temporal gruesa de millones de años, el Gran intercambio Biótico Americano ha acelerado el intercambio de la biota previamente aislada formando ensambles que responden a ciclos glaciales-interglaciales. En una escala fina de décadas, los ensambles responden a gradientes ambientales determinados por la temperatura, la precipitación o la elevación. El registro fósil de polen ha sido crítico para comprender cómo esos procesos han operado a través de la historia de la Tierra en escalas de tiempo que rondan desde los siglos hasta los millones de años. Aunque los ensambles de polen han servido como insumo básico en la reconstrucción del pasado climático y la biomasa, aún existe incertidumbre sobre la capacidad de los mismos para reflejar patrones de diversidad alpha, beta y gamma. Las preguntas que abordamos en este trabajo son: 1) ¿en qué medida el espectro de polen moderno reproduce los gradientes ambientales y, 2) dadas sus limitaciones taxonómicas, ¿es capaz de reflejar los patrones de diversidad beta y gamma de la vegetación? Con la finalidad de evaluar su capacidad para reflejar la variabilidad ambiental y biogeográfica utilizamos mapas auto-organizados (SOM) para producir una clasificación no supervisada de las muestras de polen Neotropical (desde México hasta Brasil). Con el uso de regresiones lineales se evaluó la importancia de las variables ambientales para describir el agrupamiento de las muestras. Se calcularon los índices de Shannon y de Sorensen para medir la diversidad y la similitud composicional entre las muestras, respectivamente. El SOM resultante tiene 64 grupos que reflejan un patrón espacial manteniendo cercanos a los grupos conformados por muestras con latitud o longitud relativamente similares. En 47 grupos la latitud y la longitud son significativas para la formación de los grupos.

El SOM también refleja el gradiente ambiental de temperatura y precipitación, siendo significativo en 53 de los 64 grupos. Además, se observa un patrón en los índices de diversidad, encontrando valores altos de diversidad en algunos grupos que contienen muestras de la Amazonia y de Mesoamérica. La distancia geográfica media entre las muestras dentro de los grupos varía entre 1 y 4015 km, la riqueza específica varía entre 32 y 276 especies, la diversidad de Shannon entre 1.04 y 2.91 y la similitud de Sorensen entre 0.27 y 0.75. De manera general, se observó que el SOM puede reflejar patrones ambientales y biogeográficos a partir de muestras de polen moderno. Dado que parte de la similitud taxonómica entre muestras, el SOM agrupa muestras cercanas y distantes geográficamente pertenecientes a un mismo bioma. Este método tiene el potencial para ser una herramienta complementaria para identificar las condiciones paleoclimáticas y paleobiogeográficas de los sitios donde se han colectado muestras de polen fósil, dado que se pueden analizar y comparar con muestras similares de la actualidad.

PALEO-17 CARTEL

MICROFACIES DE OLISTOLITOS CIPIT SELECTOS PROVENIENTES DE LA FORMACIÓN KASIMLAR (TRIÁSICO SUPERIOR, CARNIANO) EN EL ÁREA DE A#A#IYAYLABEL (MONTES TAURO, TURQUÍA)

Ramírez-Pelcastre Mariana¹, Lukeneder Alexander²,
Sánchez-Beristain Francisco³ y Reitner Joachim⁴

¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM

²Naturhistorisches Museum Wien, Abt. Geologie/Paläontologie, Burggasse 7, Viena A1010, Austria

³Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Geowissenschaftliches Zentrum Göttingen, Abt. Geobiologie, Goldschmidtstraße 3, Göttingen D37077, Alemania
mr.pelcastre@ciencias.unam.mx

Los Montes Tauro son una cadena montañosa ubicada en el área de Cilicia, en el sur de Turquía. Se extienden por una longitud de alrededor de 1500 km, y son el resultado de la colisión de las placas Africana y Euroasiática durante el Triásico. En esta región aflora la Formación Kartoz (Triásico Medio-Triásico Superior), que consiste en carbonatos de plataforma de aguas poco profundas de color gris claro con corales y bivalvos de concha gruesa (megalodontidos). Sobre yaciendo a esta unidad se encuentra la Formación Kasimlar (Triásico Superior: Carniano inferior-superior), que es una secuencia de calizas, margas y lutitas, y que aflora con una potencia de aproximadamente 22 metros en la sección A#a#iyaylabel. El contenido fósil de la Formación Kasimlar incluye principalmente conodontos, ammonites, gasterópodos, bivalvos y esponjas. El Miembro Inferior de esta formación se subdivide, a su vez, en tres "unidades" que son denominadas Unidad A, B y C. La Unidad A se caracteriza por calizas oscuras bien estratificadas. Por otro lado, la Unidad B del es rica en olistolitos de tipo Cipit, reconocidos en la literatura como remanentes para-autóctonos de plataformas cercanas, cuyo origen se relaciona con la Unidad A. Finalmente, la Unidad C se distingue por su litología compuesta por capas de calizas de color gris oscuro con una buena estratificación. Para el presente estudio, se efectuó el análisis de microfácies en 50 muestras consistentes en láminas delgadas en formato 5 x 5 cm, provenientes de olistolitos Cipit selectos de la Unidad B del Miembro Inferior de la Formación Kasimlar. El análisis reveló una abundante proporción de automicrita (¿microbialita?), con una participación secundaria de metazoos y un porcentaje bajo de cementos. Es importante destacar que en ninguna de las muestras fue posible observar algún atisbo de orientación en el crecimiento de las microbialitas, así como tampoco la presencia de algas o algún otro indicador que sugiriese la influencia de luz en el paleoambiente. Por ello, existen dos posibilidades de interpretación para el mismo: que los olistolitos provengan de áreas crípticas en un entorno arrecifal /similar a un arrecife; o bien, que provengan de un área más profunda de la plataforma, similar a los denominados montículos de carbonato ("Mud mounds"). En cualquier caso, es de resaltar la presencia y abundancia de esponjas encostrantes axinélidas, que desempeñan un papel importante como encostrantes y como consolidantes entre metazoos y microbialitas. Estas asociaciones fueron ampliamente diseminadas durante el Triásico, sobre todo en el dominio central del Océano de Tetis (SNII-CVU 48315).

PALEO-18 CARTEL

REPORTE DEL GÉNERO HYMENORUS Y PRIMER REGISTRO FÓSIL DE LA FAMILIA HEMEROBIIDAE Y DE LA SUBFAMILIA ROPHITINAE DEL ÁMBAR MIOCÉNICO DE CHIAPAS, MÉXICO

Coconi Hernández Ricardo¹ y Castañeda Posadas Carlos²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Herbario y Jardín Botánico, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

coconi.rh@gmail.com

Los depósitos de ámbar de Simojovel de Allende, Chiapas, son uno de los más relevantes a nivel mundial, su amplia diversidad de organismos que, en él yacen, nos permite evidenciar el ambiente que existía en dicha zona durante el Mioceno Temprano (aproximadamente 20 millones de años). Entre los organismos predominantes en este tipo de fosilización, se encuentran los insectos, los cuales cumplen roles claves dentro de los ecosistemas. En busca de contribuir al conocimiento de la entomofauna fósil en México, se realizó la identificación de tres especímenes, presentes en tres diferentes piezas de ámbar, pertenecientes a la

colección del Laboratorio de Paleobiología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El espécimen designado en la colección como BUAPAL794, se asignó a la familia Hemerobiidae, reconocido a partir de la presencia de venas R4 y R5 que surgen por separado, así como la ausencia de ocelos o estructuras similares. En el caso del espécimen designado como BUAPAL795, se ubicó en la subfamilia Rophitinae, debido a que las antenas se encuentran por debajo del punto medio de los ojos, además de hallarse, inmediatamente, por encima del borde superior del cíleo. Finalmente, el espécimen designado como BUAPAL793, se identificó en el género existente Hymenorus, basándose en la forma pectinada de las garras tarsales y la posición trasera del tarso lobulado. Para el caso de los especímenes BUAPAL794 y BUAPAL795, son el primer registro de la familia Hemerobiidae y la subfamilia Rophitinae en el ámbar mexicano. El reporte de la familia Hemerobiidae, asociada a vegetación arbustiva a arbórea, así como de polinizadores de la subfamilia Rophitinae y del género Hymenorus, quienes presentan una afinidad a encontrarse en las flores, el follaje o de bajo de la corteza en alguna etapa de su vida, refuerza la teoría planteada de un ambiente de depósito costero, donde existía una comunidad vegetal tipo bosque tropical abierto con una zona de manglar presente.

Sesión regular

RIESGOS NATURALES

Organizadores

David Novelo
Gerardo Suárez

RN-1

ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA EL MAPEO DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA FORMACIÓN DE SOCACIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

García Cruzado Sergio Armando, Ramírez Serrato Nelly L. y Herrera Zamarrón Graciela S.

Instituto de Geofísica, UNAM
garciacruz93@gmail.com

La Ciudad de México es una de las urbes más grandes y densamente pobladas del mundo, la cual se enfrenta a significativos desafíos debido a la intensa demanda de recursos y espacios por parte de la industria y población que supera los 9 millones de habitantes. Este escenario ha llevado a la reducción de áreas naturales en favor del crecimiento urbano, junto con la sobreexplotación de las aguas subterráneas. Estos factores han dado lugar a fenómenos perjudiciales como el hundimiento del suelo, inundaciones y la formación de socavones. Este último fenómeno es motivo de una mayor preocupación tanto para la población como para las autoridades de la Ciudad de México, dado que se han registrado más de 500 socavones en toda la ciudad desde 2017. Lo que plantea riesgos considerables para la infraestructura y la seguridad de la población, ya que los socavones no suelen presentar evidencias claras de su existencia, sino hasta que se produce el colapso repentino de la estructura del suelo. El cual puede acelerarse por diversos procesos naturales y antropogénicos, como: la erosión y disolución de una roca base, la minería, la extracción de agua subterránea, el cambio en el uso del suelo, entre otros. Con el propósito de prevenir futuros daños ocasionados por este fenómeno, el presente estudio se enfoca en la identificación de las zonas con mayor potencial a la formación de socavones en la Ciudad de México. Para lograr este objetivo, se realizó un análisis multicriterio empleando el método probabilístico de pesos de evidencia, en el que se uso el inventario de daños por socavones de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México y una base de datos SIG de la zona de estudio que contiene información sobre características naturales y antropogénicas, como litología, uso del suelo, vegetación, fracturas, fallas, arroyos, vialidades, pendiente, elevación del suelo, líneas del metro y densidad de pozos. Los resultados muestran que diversos factores exhiben un comportamiento lineal en relación a la presencia de socavones, aumentando en función de las diversas clases de estos factores. Además, se identificó que las zonas centro y noreste de la ciudad presentan el mayor potencial a la formación de socavones. Estos hallazgos proporcionan una perspectiva valiosa para la identificación temprana de áreas vulnerables en la Ciudad de México, permitiendo que las autoridades puedan mejorar la gestión de riesgos, tomando las medidas adecuadas para reducir el daño en las estructuras civiles y población en las zonas identificadas.

RN-2

LA INFLUENCIA DE LA DEFORMACIÓN DEL BASAMENTO EN EL DESARROLLO DE FRACTURAS EN LA INFRAESTRUCTURA URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DE ZACATECAS

Escalona-Alcázar Felipe de Jesús, Pineda Martínez Luis F., Rodríguez-González Baudelio, Reveles-Flores Sayde María Teresa, Valle-Rodríguez Santiago, Chávez-Guajardo Alicia Elizabeth y Mandujano-García Cruz Daniel

Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ
fescalona@hotmail.com

Las fracturas en muros y banquetas son rasgos comunes que se pueden observar en todas las zonas urbanas. En cuanto a su origen, las explicaciones más usuales que ofrecen quienes se dedican a la construcción es que se forman por el asentamiento natural del terreno, materiales de mala calidad, deficiencias en la construcción, entre otros. Las fracturas son de unos pocos metros de longitud y espesor normalmente menor a 2 mm. Debido a sus dimensiones no se les da la importancia que requieren y, como comúnmente no requieren reparación, la atención que reciben es casi nula. Sin embargo, es probable que las explicaciones que proporcionan los profesionales de la construcción no sean todas las razones de su origen. Por esto, en este trabajo, se plantea la hipótesis de que es la estructura del basamento y la morfología original, quienes influyen en la formación de fracturas dentro la infraestructura urbana. La litología de la parte estudiada está formada por derrames de lava de composición basáltica del Complejo Las Pilas y, las areniscas y conglomerados, con diferente consolidación, del Conglomerado Zacatecas. La mayor parte de la Zona

Metropolitana de Zacatecas (ZMZ) está en el graben del Arroyo de la Plata, orientado WNW-ESE; sin embargo, también hay fallas normales cuya orientación varía de NNW a NNE. La morfología es un paisaje en etapa de juventud por lo que el drenaje dominante es de tipo dendrítico y en menor proporción subparalelo. Los cauces de arroyos de tercero y, principalmente de cuarto orden, son casi paralelos a las fallas principales, esto es, tienen control estructural. Se midieron fracturas en calles, banquetas y paredes de la ZMZ. Específicamente los datos que se tomaron fueron el azimut del fracturamiento, longitud, espesor, número de fracturas y el azimut de la extensión. En la mayor parte de los sitios medidos, el azimut de la extensión de las fracturas es casi paralelo al obtenido en el análisis cinemático de los eventos de deformación extensional del Cenozoico del Conglomerado Zacatecas. Además del control estructural de los cauces de tercero y cuarto orden, la pendiente descendente también tiene un rol en el desarrollo de las fracturas. La medición del azimut de la extensión del fracturamiento urbano ha permitido inferir con éxito, la ubicación de fallas en el basamento en los valles del Palmar y Villa Hidalgo. Por esto, a partir de la similitud en la orientación de la extensión de las fallas y las fracturas medidas, se considera que la deformación del basamento influye en la formación de fracturas. Por lo tanto, las fallas del basamento y su relación con la pendiente son elementos que deberían considerarse en los procesos de construcción de la ZMZ.

RN-3

CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y CINEMÁTICA DE LA DEFORMACIÓN DE TALUDES EN CANALES: CASO DE ESTUDIO RIO CHIQUITO, MORELIA

Cerdeza Molina Luz María¹ y Hernández Madrigal Víctor Manuel²¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH² Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT

2133801e@umich.mx

Los Procesos de Remoción en Masa (PRM) son el fenómeno natural más peligroso que causa daños severos a la infraestructura humana o incluso causando gran cantidad de muertes cada año. La evaluación y el manejo del peligro de movimiento de masa, especialmente por deslizamientos, es, por lo tanto, uno de los principales problemas, particularmente, en regiones montañosas con desarrollo urbano. En este estudio en particular, los deslizamientos están relacionados con la erosión fluvial del Río Chiquito en Morelia, Michoacán. El Río Chiquito es el segundo cauce más importante y afluente del Río Grande, que atraviesa la ciudad de Morelia. Tiene una longitud aproximada de 25 km y nace al sur del municipio de Morelia, en las localidades de La Lobera y La Lechuguilla. En su cruce por la mancha urbana este cauce presenta desbordamientos frecuentes, particularmente en temporadas de lluvias, que ponen en riesgo de inundación a la población cercana. Además, en el segmento comprendido entre Av. Ventura Puente y Calzada Juárez, se observan sobre la carpeta asfáltica agrietamientos semicirculares y pequeñas depresiones posiblemente asociadas a la inestabilidad de los márgenes de dicho río. Así, el riesgo de inundación es potenciado por la probabilidad del desarrollo de un dique-deslizamiento. Este proyecto tiene como objetivo evaluar el peligro de la inestabilidad de taludes del río Chiquito mediante el monitoreo de la deformación del terreno, elaboración de la cartografía-inventario de PRM, e identificación de factores condicionantes y posibles detonantes, a partir a través del levantamiento de datos por medio del Escáner Láser Terrestre (TLS, Terrestrial Laser Scanner). El equipo empleado fue el escáner láser terrestre, RIEGL VZ-1000. El cual proporciona un rango de medición de más de 1400 m, con una resolución angular de 5mm y una tasa de medición de hasta 122,000 mediciones/seg, ofrece un campo de visión de 100° en dirección vertical y 360° en horizontal. La fase de campo fue fundamental para la obtención del Modelo Digital de Elevación (MDE) de alta resolución, la cartografía a detalle de fracturas y la caracterización geométrica y cinemática de los taludes del Río Chiquito. La segunda fase fue el trabajo de gabinete, el cual consistió en tres etapas para el procesamiento de datos: georreferenciación, limpieza de ruido externo y obtención del hundimiento y/o desplazamiento de cuerpos inestables a partir de la comparación de nubes. Los resultados permitirán proponer una zonificación del peligro y servirán como insumos estratégicos para la evaluación posterior del riesgo de inundaciones.

RN-4

ANÁLISIS DEL DESLIZAMIENTO DE TERRENO DEL CERRO LA HUEJA, REGIÓN SIERRA-COSTA DE MICHOACÁN, MÉXICO

Sánchez-Núñez Juan Manuel¹, Carlón-Allende Teodoro², Cisneros-Máximo Guillermo³, Avellán Denis Ramón⁴, Gómez-Vasconcelos Martha Gabriela⁵, Macías José Luis⁵ y Lara Jorge Iván⁵

¹Instituto Politécnico Nacional, CIEMAD

²CONAHCYT-Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Morelia

³Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM

⁴CONAHCYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

⁵Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia Michoacán

sanchez0120@gmail.com

Los desastres por fenómenos naturales han causado pérdidas económicas por 270 billones de dólares y han afectado a más de 2.5 millones de personas en todo el mundo. En México, los desastres naturales de origen geológico representan el 15% con pérdidas económicas de 180 mil millones de pesos (2000-2020). El desastre por deslizamiento de tierras ocurrido en la Sierra de Angangueo (2010) es un ejemplo de este tipo de fenómenos. Por lo tanto, se planteó como objetivo, analizar las características geomórficas del Proceso de Remoción en Masa (PRM) ocurrido en 2008 en las cercanías del poblado de Huahua, Costa de Michoacán. Para lograr este objetivo se consultaron artículos indizados, se construyó una base de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se compilaron imágenes de satélite (Pancromática 2.5 y multispectral de 10 m de la constelación Spot, satélite 5), se realizaron vuelos con dron, obteniendo 600 imágenes (20 cm de resolución). También se realizó trabajo de campo donde se colectaron muestras de roca y sedimentos para su análisis en laboratorio (granulometría total del depósito y sus componentes). Los resultados preliminares indican que el PRM fue provocado por un sismo, el cual movilizó 800 mil toneladas de material, y que se clasifica como de tipo complejo, iniciando con un deslizamiento rotacional, seguido de varios flujos granulares que bloquearon el cauce del río Huahua. Con lo anterior, se formó una represa del río (~2.5 km de longitud y 36 m de profundidad), que en septiembre de 2017 colapsó, debido a las intensas precipitaciones provocadas por el Huracán Norma, lo que ocasionó una inundación y la generación de flujos de escombros que viajaron corriente abajo, induciendo movilización de las comunidades aledañas al cauce. El aporte de esta investigación es el entendimiento de los factores que intervienen y detonan estos procesos de remoción en masa, así como el peligro que constituyen para las comunidades y los ecosistemas donde se verifican.

RN-5

ESTUDIO DE NUEVAS ZONAS CON HUNDIMIENTO DEL TERRENO EN LA ZONA NOROCCIDENTAL DE QUERÉTARO A PARTIR DE FOTOGRAMETRÍA, GPR Y CARTOGRAFÍA DE CAMPO A DETALLE

Vázquez Morales Rosario¹ y Velázquez Eulogio María Fernanda²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

rvazmor@unam.mx

La subsidencia en la ciudad de Querétaro ha estado presente desde los años 50's; sin embargo, fue hasta los años 90's cuando se comenzó a estudiar este fenómeno a partir de métodos geofísicos y de percepción remota. Estos estudios permitieron conocer a detalle la estructura del subsuelo, las propiedades mecánicas de los materiales, el flujo subterráneo del agua, el abatimiento de acuíferos y el papel que desempeñan las estructuras geológicas preexistentes en el desarrollo del hundimiento paulatino de la zona conurbada; no obstante, estos estudios se han enfocado principalmente en la zona centro y sur del municipio de Querétaro. Sin embargo, en los últimos 10 años el proceso de urbanización se ha extendido hacia la zona noroccidental del municipio, donde recientemente se han localizado sitios en los que se han reconocido evidencias superficiales de procesos de deformación y fracturamiento del terreno, llegando incluso a observarse desniveles de hasta 1.2 m sobre la carpeta asfáltica, así como socavones y agrietamientos en los desarrollos residenciales. Debido a esto, desde 2022 se comenzó a estudiar una zona que comprende una superficie de ~40 km², en el área noroccidental del municipio de Querétaro, con el fin de evaluar si estos nuevos hundimientos están relacionados con condiciones geológicas subyacentes o a factores antropogénicos. Para ello, primero se realizaron campañas de trabajo de campo para identificar la estratigrafía a detalle de la zona, la orientación de los agrietamientos y/o fracturas superficiales, así como los sitios con mayor deformación superficial; en donde se han realizado hasta el momento 5 levantamientos fotogramétricos con dron entre 2022 y 2023, todos durante la época seca; sin embargo, se tiene planeado volver a realizar estos sobrevuelos después de la época de lluvias, para comparar los modelos digitales de elevación y superficie obtenidos en cada campaña fotogramétrica, y observar el efecto estacional en el proceso de hundimiento. Por otro lado, en junio de 2023, se realizaron 28 perfiles en 2 sitios de interés mediante el método de Radar de Penetración Terrestre (GPR), con los que se han obtenido radargramas en los que se han identificado estructuras de colapso asociadas a problemas más bien de tipo geotécnico, que de índole geológico. No obstante, aún se está trabajando en el procesamiento, interpretación y correlación de todos los datos obtenidos hasta el momento. Poniendo especial atención en aquellos lugares en donde se han observado las mayores deformaciones verticales, y en donde la infraestructura urbana está siendo afectada gravemente por el desarrollo

de socavones y agrietamientos en las casas habitación con desplazamiento de algunos centímetros por año. Aunando a los levantamientos de GPR, se ha realizado trabajo en campo, en donde se han recolectado muestras de roca y sedimentos, estos han sido analizados para determinar de manera correcta el tipo de roca al que pertenecen, el trabajo de campo nos ayuda a tener más información de la estratigrafía de la zona, y nos sirve como complemento en la interpretación de los radargramas; además, se puede obtener un mapa estratigráfico que sirva para futuros proyectos.

RN-6

FUSIÓN DE TÉCNICAS INSAR Y GNSS PARA CARACTERIZAR EL PROCESO DE SUBSIDENCIA DEL TERRENO Y DETERMINAR LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN VULNERABLE EN LA ZONA DE TORREÓN

Hernández Luna Daniel, Cabral Cano Enrique, Fernández Torres Enrique, Villanobo González Katia Michelle y Salazar Tlacazani Luis

Instituto de Geofísica, UNAM

danielhlna04@gmail.com

Torreón es una zona urbana del estado de Coahuila con 720,848 habitantes y con una economía basada en la agricultura, la industria textil, química y metalúrgica. La zona donde se encuentra Torreón es conocida como la comarca Lagunera ya que estaba compuesta por varias lagunas, ahora desaparecidas debido a que los caudales de los ríos Nazas y Aguanaval se usan para la irrigación. El aumento de la población, su crecimiento industrial y desarrollo agrícola, son las principales causas de un incremento de la demanda de agua, tanto superficial como subterránea, dando paso al proceso de subsidencia del terreno que afectando parte de Torreón. Se caracterizó este peligro geológico usando escenas SAR Sentinel-1A, realizando una serie de tiempo InSAR-SBAS desde abril 2014 a junio del 2023 en órbita ascendente, cubriendo la zona urbana de Torreón, Gómez Palacio y zonas adyacentes que dedicadas a la agricultura, en donde se observa una huella de subsidencia que abarca 2084 Km², de mayor extensión que la de la Ciudad de México y con velocidades de subsidencia de 14 cm/año. Realizamos un análisis donde utilizamos el campo de velocidades de subsidencia y los datos del censo 2020 de INEGI, para caracterizar la población vulnerable a este proceso.

RN-7

DENDROCRONOLOGÍA Y LIQUENOMETRÍA EN DEPÓSITOS DE LAHAR DE LA BARRANCA JAMAPA EN EL VOLCÁN PICO DE ORIZABA, MÉXICO

Carlón Allende Teodoro¹, Alcalá Jesús², Macías José Luis³, Sánchez Juan Manuel⁴, Cisneros Guillermo⁵, Arce José Luis⁶, Avellán Denis Ramón⁷, Fernández Salvador⁸ y Lara Jorge Iván⁹

¹CONAHCYT-Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

²Departamento de Geografía Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Madrid

³Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

⁴Instituto Politécnico Nacional, CIEMAD

⁵Instituto de Geología, UNAM

⁶UMSNH

⁷Licenciatura en Geociencias, ENES-Morelia

tcarlon@igeofisica.unam.mx

En las últimas décadas los anillos de crecimiento de los árboles han sido de utilidad para comprender espacio-temporalmente los procesos geomorfológicos ocurridos en el pasado reciente. Se ha demostrado que los árboles son fuente de información en los cuales quedan registrados diferentes eventos naturales (erupciones, deslizamientos, lahares, etc.). En el caso de los volcanes el análisis dendrocronológico y liquenometría ha brindado nueva información que permite evaluar de manera holística el peligro volcánico. En esta investigación se realizó un estudio multidisciplinario de los depósitos de lahar expuestos en la parte alta de la Barranca Jamapa, volcán Pico de Orizaba. Con este fin analizamos la información disponible desde topografía digital, imágenes satelitales y se realizó un vuelo de dron para generar un ortomosaico y curvas de nivel a cada 5 cm. Con esta información se obtuvo un modelo digital de elevación detallado y se ha usado para generar un mapa geológico y geomorfológico (escala 1:3000). Durante las sesiones de campo se levantaron columnas estratigráficas, se realizó el muestreo dendrocronológico de 127 núcleos de crecimiento (árboles de *Pinus hartwegii*) y de líquenes de la especie *Rhizocarpon geographicum*. En el caso de los líquenes se midió el diámetro mayor de al menos los cinco talos circulares más grandes con un calibrador Bernier. Con esta información se está construyendo una cronología de ancho de anillo que comprende del periodo de 1670 a 2020 (350 años), en la cual se observan dos eventos de supresión relevantes (1822-1823 y 2015) y eventos de realce de crecimiento en 1797, 1903, 1970 y 2017. Por su parte, la edad de los líquenes comprende 370 años y cubre un periodo de 1650 a 2020 similar al de los anillos de los árboles. Las edades de los árboles y los líquenes confluyen en tres grupos, los cuales corresponden a diferentes depósitos de lahar, aunque, la cartografía geológico-geomorfológica muestra más episodios de lahar dispuestos como terrazas cortadas o lóbulos en la barranca. Los resultados destacan el beneficio del uso de diferentes técnicas de fechamiento (Dendrocronología y liquenometría) para fechar eventos históricos de lahares en ambientes volcánicos donde se carece de información instrumental.

RN-8

ESTUDIO DE PROBABILIDAD DE DEPÓSITO Y TIEMPO DE LLEGADA DE CENIZA VOLCÁNICA DEL POPOCATÉPETL PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

García Agustín¹, Ramírez Torres Betsabé Elisa¹ y Martín Del Pozzo Ana Lillian²

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

²Instituto de Geofísica, UNAM

agustin@atmosfera.unam.mx

El volcán Popocatepetl es el segundo más activo de México, situado en los estados de México, Puebla y Morelos, con una proximidad de 50 km a la Ciudad de México. Sus emisiones de ceniza afectan áreas circundantes según la dirección del viento, altura de emisión y cantidad de material expulsado. Para prever la exposición a tefra, se ha desarrollado un sistema de pronóstico (FALL-3D) que simula la dispersión y depósito de ceniza por hipotéticas erupciones. Se generó una base de datos con probabilidades de depósito para diferentes alturas y cantidades de material expulsado. Las salidas del modelo se visualizan en un programa de código abierto, creando mapas de riesgo para entender la probabilidad de depósito en diferentes áreas y la duración para que llegue a la Ciudad de México. Estos resultados son útiles para la planificación de protección civil ante erupciones del Popocatepetl. El estudio se centra en determinar la probabilidad de depósito según la temporada del año y el tiempo que la ceniza tardaría en llegar a la Ciudad de México. Se realizaron más de 100,000 simulaciones y se generaron 840 mapas de riesgo mensuales y anuales. El análisis se limitó a un área específica y se utilizó el modelo FALL-3D. Los resultados ofrecen información crucial para protección civil y autoridades en eventos volcánicos.

RN-9

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE RIESGO POR CORRIENTES DE DENSIDAD PIROCLÁSTICA DEL VOLCÁN SANTIAGUITO, GUATEMALA

Ferrés López María Dolores¹, Chun Quinillo Kevin², Chigna Marroquín Gustavo Adolfo², Maldonado Moreno Edy Juan José³, Moncada Vázquez María⁴, Queché Mejía Juan Matheo⁴, Giron Melgar Luis Iván⁴, Caballero García Ana María Lizeth¹ y Capra Pedol Lucía⁵

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Ciudad de Guatemala, Guatemala

³Departamento de Prevención de Volcanes, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (SE-CONRED), Guatemala

⁴Asociación Vivamos Mejor Guatemala, Guatemala

⁵Centro de Geociencias, UNAM

dferres@encit.unam.mx

El volcán Santiaguito es uno de los más activos de Guatemala, país con el mayor número de volcanes activos de Centroamérica. La actividad eruptiva explosiva y efusiva del Santiaguito se concentra, desde 1977, en el domo Caliente y se caracteriza por el crecimiento y destrucción de su cúpula y la generación de corrientes de densidad piroclástica, que han tenido alcances de hasta de 7 km. El domo Caliente es el más oriental de los cuatro domos que forman el complejo volcánico, emplazados en los últimos cien años en la cicatriz de colapso del volcán Santa María. Seis barrancas drenan la zona proximal del domo Caliente y confluyen al sur en el río Samalá, en las orillas del cual se asientan las poblaciones de San Felipe y Nuevo Palmar, las mayores del área, pero también multitud de pequeños caseríos y fincas cafetaleras, sumando un total de 17500 personas en el área de influencia del volcán Santiaguito. En el pasado, varias de estas poblaciones fueron afectadas por caída de ceniza, corrientes de densidad piroclástica y lahares. En el marco del proyecto de cooperación internacional para la transferencia de capacidades y la implementación de un sistema de alerta temprana por erupciones en este volcán, el INSIVUMEH y la UNAM, en colaboración con la SE-CONRED y la Asociación Vivamos Mejor, elaboraron los nuevos mapas de amenaza por corrientes de densidad piroclástica (concentradas y diluidas) para el volcán Santiaguito, que muestran las áreas que podrían resultar afectadas en caso de la ocurrencia de corrientes de diferente volumen y movilidad, originadas por erupciones de diferente magnitud. Se definieron tres escenarios de amenaza para el volcán, con base en el historial eruptivo, las evidencias de campo y la calibración de erupciones de referencia (1929, 2014 y 2022). Los escenarios se simularon con el software Titan2D y se realizó el análisis de frecuencia de los resultados para la obtención de las áreas de afectación. Se preparó también la versión pública de los mapas. En paralelo se realizó el análisis de la exposición, la vulnerabilidad física y socioeconómica de la población, con base en el diseño de un cuestionario, el levantamiento de más de 1100 encuestas casa por casa y el análisis en Sistemas de Información Geográfica. En este trabajo, junto a los mapas de amenaza, se presenta la propuesta de integración de la información sobre amenazas, exposición y vulnerabilidad para la obtención del mapa de riesgo por corrientes de densidad piroclástica, una de las componentes clave para el sistema de alerta volcánica por erupciones en Guatemala.

RN-10

RIESGO A DESASTRES POR ACTIVIDAD VOLCÁNICA Y CAMBIO DEL USO DE SUELO EN EL COMPLEJO VOLCÁN-NEVADO DE COLIMA, MÉXICO

Suárez Plascencia Carlos¹, Núñez Cornú Francisco Javier² y Trejo Gómez Elizabeth²

¹Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara, Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco

²SISVOC, Universidad de Guadalajara

carlos.csuarez@gmail.com

El Complejo Volcánico Volcán-Nevaldo de Colima (CVVNC) ubicado en el sur de Jalisco, México, se caracteriza por un paisaje formado por un volcán activo y un extinto. La actividad del volcán Colima desde finales del siglo XX y hasta el año 2017 lo catalogan junto con el Popocatepetl como los más activos de México. Los antecedentes de los mapas de peligro para el volcán se iniciaron con Suárez (1989), una década después Suárez, Núñez y Reyes publicaron dos mapas de peligrosidad volcánica (área de peligro de explosión y lahares). En 2003 la Universidad de Colima publicó El mapa de peligrosidad del volcán Colima Fuego y finalmente el Instituto de Geofísica de la UNAM en 2020, publicó una nueva edición del mapa de peligrosidad del volcán Colima, ninguno de estos ha integrado la vulnerabilidad para poder establecer el nivel de riesgo que existe en su entorno. La evolución geomorfológica ha formado una zona de montaña, un amplio piedemonte, una planicie fluvio-lacustre y una red de profundos barrancos que hacen coalescencia con los ríos Tuxpan al oriente y Armería al poniente. El CVVNC presenta características climáticas, hídricas y edafológicas que han favorecido condiciones ambientales para el desarrollo de la silvicultura y agricultura que data desde el siglo XVII. El objetivo del trabajo es identificar y cuantificar la vulnerabilidad con base en cambio del uso del suelo de cultivos tradicionales de maíz, caña de azúcar y bosques de pino a partir del año 2010, los que han sido sustituidos por extensas huertas de aguacate y berries, la exposición de estos elementos a los peligros derivados de la continua actividad explosiva del volcán, como lo es la caída de ceniza, flujos piroclásticos, derrames de lava y caída de balísticos, incrementan la vulnerabilidad de esta agroindustria, de las personas que laboran en ella y de la derrama económica que generan en la región. La metodología del trabajo se fundamenta en el análisis temporal de imágenes satelitales donde se determina la superficie con cambio de uso del suelo, la ubicación de las ollas de riego, su exposición a los peligros volcánicos y flujos de detritos. Se realizaron entrevistas a habitantes y productores para establecer el nivel de percepción del riesgo volcánico. Los resultados muestran cartográficamente el cambio uso en las parcelas de las laderas y planicies del Complejo Volcánico, además de nuevos peligros que no existían previos a estas actividades en la región, los que pueden estar asociadas al aumento de la superficie sembrada de aguacate y berries, que paso de tener 412 ha en el año 2010 a 22,106.4 ha en el 2023, con una producción para el año 2021 de 164,000 toneladas con un valor de 148.5 millones de dólares. La combinación de estos riesgos en la zona de estudio debe ser considerados de manera urgente dentro de los instrumentos de planeación territorial a fin de que se reflejen en la gestión del riesgo a desastres que favorezca el aumento a la resiliencia en la zona del CVVNC.

RN-11

EVALUACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO EN EL SURESTE DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ: CONSIDERACIONES DEL CRECIMIENTO URBANO Y SU INFLUENCIA EN LAS INUNDACIONES

Almanza Tovar Oscar Guadalupe, Ramos Leal José Alfredo y Dávila Ortiz Rodrigo

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTYT

oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

En la actualidad el Valle de San Luis Potosí (VSLP) en el estado de S.L.P., ha presentado un crecimiento población intenso a consecuencia del asentamiento de dos armadoras con gran impacto en el sector automotriz y empresas de abastecimiento para las líneas de producción. Como consecuencia se generó un aumento en la construcción de vivienda, con lo cual una de las regiones de mayor interés para el crecimiento futuro es la región sureste del VSLP, que se encuentra a las cercanías de la Laguna de Santa Rita hasta Ciudad Satélite. La finalidad principal del estudio es el conocer las zonas de inundación y con ello el poder determinar obras complementarias para la mitigación del fenómeno hidrometeorológico. Cabe mencionar que se tienen delimitaciones de zonas de inundación mostradas en el Atlas de riesgo municipal y programas de desarrollo del Instituto de Planeación. Sin embargo, los estudios están elaborados con cartografía base y detalles de información de escurrimientos pluviales que son obtenidos mediante Modelos Digitales de Elevación; en donde al no contar con información de la infraestructura urbana acorde al crecimiento población de los últimos años, que representen las tendencias de escurrimiento se han visto afectadas y en algunos casos modificadas. De lo anterior, se trata de evaluar con mayor precisión los rasgos hidrológicos actuales, debido a que han sido modificadas las condiciones de escurrimiento y encauce en algunos de los sitios. Siendo necesario, realizar una revaloración en el modelo hidrológico- hidráulico contemplando la información del terreno con imágenes LIDAR de resolución de 1.5 metros que nos permita identificar con mayor precisión la infraestructura urbana, hidrografa de diseño de precipitación, reclasificación de la cobertura del suelo mediante el coeficiente de rugosidad de Manning, evaluación del coeficiente de escurrimiento e inspección de los parámetros hidrológicos actuales. Teniendo como resultado, una identificación

actual de las zonas de inundación y con ello aportar a los planes de desarrollo y al atlas de riesgo en la evaluación del fenómeno hidrometeorológico de inundación.

RN-13

ESTIMACIONES DE RIESGO GLOBAL EN EL MODELO DE RADIOAPAGONES CAUSADOS POR FULGURACIONES SOLARES

Huipé Domratcheva Elizandro¹, De la Luz Rodríguez Víctor² y Ojeda González Arian³

¹Instituto de Radioastronomía y Astrofísica

²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

³Instituto de Física e Astronomía, Universidade do Vale do Paraíba
hdomeli@gmail.com

En este trabajo presentamos un análisis teórico geoespacial de afectaciones en radiocomunicaciones por eventos de fulguraciones. Las fulguraciones solares son emisiones súbitas de radiación electromagnética generadas por una transición de energía durante un cambio en la topología magnética en la atmósfera solar. Los rangos de energía que pueden ser absorbidos por la atmósfera terrestre van desde los rayos X a los rayos ultravioleta. La energía absorbida en estos eventos produce un excedente en la producción de electrones en la región D de la ionósfera. En consecuencia, en la región D se incrementa la absorción de ondas de radio que provienen de la superficie terrestre lo que produce afectaciones en las radiocomunicaciones o radioapagones. Las frecuencias afectadas se encuentran en el rango MF (300 kHz - 3 MHz) y HF (3 - 30 MHz) las cuales son usadas por el sector de navegación marítimo, aéreo y terrestre, en el militar, radioaficionados y otros. En este trabajo demostramos la dependencia espacial de estas afectaciones en radio de manera global y la distribución de intensidad de estos eventos representada en la Máxima Frecuencia Afectada (MFA). Este parámetro describe la mayor frecuencia afectada en radiocomunicaciones cuya señal disminuye 1 decibel durante estos eventos. Para el análisis se usó el flujo máximo de las fulguraciones en rayos X, detectadas por los satélites GOES en el período temporal de 1975 a 2017. El análisis espacial muestra que la distribución de la ubicación del punto subsolar en el pico de una fulguración se concentra en los trópicos con una menor ocurrencia en la zona del ecuador. Sin embargo, la distribución de la radiación acumulada proveniente de las fulguraciones ocurre en un rango latitudinal de $\pm 60^\circ$. Eventos de fulguraciones mayores a M5 muestran una distribución de la radiación de manera irregular geográficamente. Además, se analizó la intensidad de las fulguraciones en términos de MFA. Usando teoría de valores extremos se demuestra que las intensidades tienen un punto de quiebre en la distribución alrededor de 30 MHz. Este trabajo muestra la vulnerabilidad de las radiocomunicaciones debido a fulguraciones solares en cuestión de intensidad y de extensión geográfica y localiza a países con latitudes medias, como México, en estas zonas de riesgo.

RN-14

LOS MONTES MARINOS DE LA PLACA DE COCOS, ¿ANTICIPO DE RIESGO SÍSMICO?

Navarro León Rodrigo y García Abdeslem Juan

CICESE

navarro@cicese.edu.mx

Para documentar la distribución de montes marinos en la Placa de Cocos, hemos utilizado datos de la General Bathymetric Chart of the Oceans, para calcular el tensor del gradiente de la batimetría en 20 sectores, cada sector abarca un área de 500 por 500 km en una malla regular con nodos a cada 500 m. En cada nodo obtenemos un tensor simétrico de orden tres, cuyos elementos están constituidos por derivadas de segundo orden en tres direcciones ortogonales, del cual obtenemos sus valores propios para calcular sus invariantes. Los mapas del segundo y tercero invariante nos permiten detectar cambios en la batimetría asociados a la presencia de montes marinos. Sin embargo, utilizamos la batimetría para definir con la mejor precisión posible la cima de los montes marinos encontrados. Calculamos el punto medio y azimut entre cada dos montes marinos en un radio entre 0 y 25 km y buscamos una dirección preferencial mediante un diagrama de rosas. Inferimos que la población de montes marinos que se alinean en una trayectoria circular hacia la Trincheras Meso Americana, fueron originados en la Dorsal del Pacífico Oriental, en tanto que, los montes marinos que no siguen la trayectoria circular corresponden a vulcanismo intraplaca. Al ser subducido, un monte marino deja de ser visible en la batimetría y es posible que un monte de gran tamaño constituya una aspereza, que deforme la corteza que subduce y que afecte la ocurrencia de terremotos de gran magnitud. Este parece ser el caso de un monte marino, inferido a partir de la modelación inversa de una anomalía de gravedad positiva, que ha entrado a la zona de subducción en la plataforma continental de Chiapas.

RN-15

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE PELIGROS Y RIESGOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN NATURAL (SISPER)

Novelo Casanova David Alberto, Suárez Reynoso Gerardo y Hernández Hernández Aurora

Instituto de Geofísica, UNAM

dnovelo@geofisica.unam.mx

El Instituto de Geofísica (IGF) de la UNAM se encuentra en el proceso de desarrollo de una plataforma digital para el almacenamiento de un Sistema de Información

sobre Peligros y Riesgos por Fenómenos de Origen Natural (SISPER) del país. En la actualidad, incluye datos de la Ciudad de México (CDMX), y algunas regiones de los estados de Chiapas, Guerrero, Morelos y Puebla. SISPER se encuentra basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el propósito de apoyar acciones preventivas que mitiguen el impacto de los desastres por fenómenos extremos de origen natural. La base de datos contiene información sobre la distribución espacial del riesgo social prevalente para los siguientes peligros: sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, inestabilidad de laderas, incendios forestales, y subsidencia. Hasta el momento, este sistema aloja más de 400 capas de información en formato vectorial (shapefile) y ráster. El peligro sísmico para la CDMX fue estimado para periodos de retorno (PR) de 20, 125, 250 y 475 años. Investigaciones previas demuestran que tres zonas en la región central y noroeste de la CDMX ubicadas a lo largo del Joven Campo Volcánico Monogenético Chichinautzin tienen alta probabilidad de que se forme un nuevo volcán. La subsidencia del terreno se encuentra concentrada hacia el este y sureste de la CDMX con tasas de exendencia entre las más altas del mundo. Eventos de inundación fueron estimados para PR de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años y la mayoría de ellos se localizan en el centro y norte de la ciudad. Durante la estación seca (diciembre-abril), el sur de la CDMX tiene una alta probabilidad de ocurrencia de incendios forestales. Por otro lado, existe susceptibilidad de deslizamientos al oeste y suroeste de la ciudad. La distribución espacial de la vulnerabilidad social fue estimada utilizando 13 indicadores del Censo de Población y Vivienda 2020 incluyendo densidad poblacional, nivel de educación, y disponibilidad de servicios básicos, entre otros. El "riesgo" social fue expresado en función de la distribución espacial de la vulnerabilidad social, así como la distribución de los distintos niveles de peligro para cada uno de los fenómenos analizados. Nuestros resultados indican que el noreste y este de la CDMX tienen niveles de "riesgo" social entre moderado y alto. Las metas de la plataforma digital SISPER es hacer accesible la información a la población en general, estudiantes, e investigadores. De igual manera, proveer elementos para la prevención, mitigación, preparación y respuesta ante los desastres así como apoyar la toma de decisiones para la reducción del riesgo de desastres. Investigadores participantes en el proyecto (además de los autores de este resumen): Enrique Cabral Cano, Enrique A. Fernández Torres, Oscar A. Fuentes Mariles, Emre Havazli, Miguel A. Jaimes, Erika D. López Espinoza, Ana Lillian Martín Del Pozzo, Wendy V. Morales Barrera, Hipólito L. Morales Rodríguez, Amiel Nieto Torres, Sergio Rodríguez Elizarrarás, Darío Solano Rojas, Víctor M. Velasco Herrera.

RN-16

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE PELIGROS Y RIESGOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN NATURAL (SISPER)

Hernández Hernández Aurora, Novelo Casanova David Alberto y Suárez Reynoso Gerardo

Instituto de Geofísica, UNAM

aurorahh@igeofisica.unam.mx

El Sistema de Información Sobre Peligros y Riesgos (SISPER) que desarrolla el Instituto de Geofísica de la UNAM, tiene como objetivo principal ser un sistema integral de información geoespacial que permita poner a disposición de la sociedad en general los resultados de estudios científicos que realiza dicho instituto en materia de peligros y riesgos por fenómenos de origen natural. El SISPER es un servicio web mapping elaborado mediante software open source, lo cual facilita la accesibilidad y gestión de la información que almacena, posibilitando también su constante actualización. Permite mostrar e intercambiar mapas base y cuenta con un panel que muestra de manera ordenada y clasificada por temáticas, las capas geográficas disponibles. Estas capas pueden ser de tipo vectorial (shapefile) o ráster y pueden activarse o desactivarse a elección del usuario, superponiéndose al mapa base. Algunas de las temáticas disponibles actualmente en el sistema son los mapas de peligros y riesgos de la CDMX, el Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas, y los escenarios de daños en la CDMX causados por sismos corticales cercanos, entre otros. El SISPER está dirigido a diversos perfiles de usuarios, debido a que puede ser utilizado con fines de visualización y consulta, mientras que también proporciona herramientas de análisis de datos. Una de estas herramientas es la búsqueda por atributos, la cual permite identificar las entidades geográficas que coincidan con el nombre o valor de interés que el usuario indique para una capa de información específica. También incluye herramientas de búsquedas espaciales, en ellas, el usuario podrá señalar un punto en el mapa del cual podrá obtener la información de las capas de interés, e incluso podrá realizar una búsqueda en un área delimitada con el trazo de figuras como círculos, rectángulos o polígonos irregulares. De igual manera, se ponen a disposición artículos y material suplementario donde el usuario puede profundizar en las metodologías, discusión e interpretación de resultados de las temáticas disponibles en el SISPER. El sistema permitirá contribuir en la formación de estudiantes y fortalecer la investigación en la prevención y reducción asociados a fenómenos extremos de origen natural. Adicionalmente, facilita la interacción con otros profesionales en la materia, mediante el envío de información geoespacial que el usuario desee aportar sobre su área de conocimiento como resultado de investigaciones propias. El SISPER es un sistema desarrollado con base al rigor científico, el cual proporciona diversas herramientas para la identificación de peligros con el potencial de generar daños a la población expuesta, así como para la atención de emergencias y la gestión del riesgo de desastres.

RN-17

ATLAS DE RIESGOS COMO UN SISTEMA GEOTECNOLÓGICO

Reyes Pimentel Thalía Alfonsina¹ y Santos Cerquera Clemencia²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geografía, UNAM

treys@unam.mx

Los atlas de riesgo se han convertido en una herramienta indispensable y obligatoria para la toma de decisiones principalmente en las áreas de Gestión de Riesgos y Protección Civil. Los atlas de riesgo son la base del conocimiento del territorio, sociedad e infraestructura que sirven con punto de partida para la planeación en la gestión y reducción de riesgos de desastres. El atlas de riesgo realizado a la Alcaldía Álvaro Obregón ha sido un parteaguas para la realización y presentación de los atlas de riesgo, el sistema ha permitido hacer actualizaciones fácilmente e ir incorporando la información de otras áreas de la alcaldía, de tal forma que funciona como un sistema geotecnológico que ayuda a la gestión de la alcaldía y a una real integración de variables que trabajan en pro de la prevención de riesgos. La constante actualización se ha llevado a cabo por medio de diferentes etapas, las cuales se han incorporado al sistema y han trabajado bajo objetivos y problemáticas definidas lo que permite generar un atlas y un sistema con altos niveles de especialización y profundización.

RN-18

INVESTIGACIÓN DE LA DEFORMACIÓN ASÍSMICA EN LA CUENCA DE CERRO PRIETO, VALLE DE MEXICALI, MEDIANTE LA INTERFEROMETRÍA SAR SATELITAL Y LAS IMÁGENES DE SENTINEL-1

Sarychikhina Olga y Glowacka Ewa

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
osarytch@cicese.mx

La tecnología de Interferometría SAR (InSAR) satelital, compuesta por una serie de técnicas que utilizan imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR), se ha convertido en una valiosa herramienta a la hora de la identificación y el monitoreo de los desplazamientos de la superficie terrestre asociados a diversos procesos geofísicos y geológicos. A pesar de que esta tecnología lleva desarrollándose tres décadas, sigue estando a la vanguardia de los análisis basados en sensores remotos y su margen de desarrollo es muy amplio gracias a la continua puesta en órbita de nuevos satélites con capacidades mejoradas. Así, la puesta en órbita de los satélites Sentinel-1A (abril de 2014) y Sentinel-1B (abril de 2016) ha ofrecido nuevas oportunidades para investigar la deformación de la superficie terrestre gracias a la resolución temporal mejorada (de 6 a 12 días). El área de estudio, que comprende la cuenca de Cerro Prieto y sus alrededores, se encuentra en el Valle de Mexicali, al noroeste de México. El área de estudio está localizada dentro de una región tectónica altamente activa, en el límite entre las placas Pacífico y Norteamérica. La deformación superficial en esta área es causada por diversos procesos naturales, como eventos sísmicos, deformación tectónica continua, compactación de sedimentos, y actividad humana, principalmente la extracción de fluidos en el Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CPGF) para la producción de energía eléctrica. La subsidencia es un fenómeno común en el desarrollo industrial de campos de energía geotérmica, donde en la mayoría de los casos, la extracción de fluidos de los sistemas geotérmicos ocurre a una velocidad mayor que la recarga natural y/o la reinyección, lo que induce cambios locales en la deformación volumétrica. La subsidencia del terreno (hasta 18 cm/año) y los fenómenos asociados (hundimiento diferencial, fracturamiento y agrietamiento) están convirtiendo en un grave peligro geológico en el área de estudio, dañando la infraestructura local y perturbando el desarrollo social y económico. En este trabajo se utilizaron imágenes SAR de Sentinel-1 de 2015 a 2023 y la técnica de InSAR multitemporal de SBAS (Short Baseline Subset, Berardino et al., 2002) para investigar la deformación asísmica, principalmente subsidencia, en el área de estudio. La integración de los resultados obtenidos aquí para 2015-2023 con los resultados del período anterior (1993-2014), obtenidos en los estudios previos, permite el análisis de la evolución de la deformación asísmica superficial en los últimos 30 años.

RN-19 CARTEL

LA AVALANCHA DE ROCAS GIGANTE EN CHUQUIBAMBA, OESTE DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES, PERÚ

Sánchez-Núñez Juan Manuel¹, Macías José Luis², Arce José Luis³ y Gómez Juan Carlos⁴

¹Instituto Politécnico Nacional, CIEMAD

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Instituto Geofísico del Perú

sanchez0120@gmail.com

Las avalanchas de rocas son fenómenos de remoción de materiales clasificadas como de gran dimensión y volumen (107-1011 m³), y están consideradas como uno de los procesos más destructivos en la naturaleza. Estudios previos, colocan a Perú como el segundo país con mayor pérdida de vidas humanas e infraestructura por

procesos de remoción en masa, ubicándolo como un hot spot ante riesgos por estos procesos. Al oeste de la Cordillera de los Andes, Perú, se localiza Chuquibamba, que experimentó una enorme avalancha de rocas, debido a que se ubica en una zona tectónica activa, donde la placa de Nazca subduce a la Sudamericana. Lo anterior generó sismicidad, volcanismo y fallas estructurales que provocaron inestabilidad en el terreno y la generación de diferentes procesos de remoción en masa (PRM). El objetivo de la investigación fue determinar el origen y dinámica de la avalancha de rocas, a través del reconocimiento de campo, análisis de estudios previos, interpretación de imágenes de satélite y la recolección de muestras de los depósitos; todo ello concentrado en una base de datos y el uso de un Sistema de Información Geográfica. Los resultados indican que se trata de un PRM de tipo complejo con un volumen mínimo de 39.74 km³, donde el proceso principal es una avalancha de rocas, 17 deslizamientos rotacionales e innumerables flujos de escombros. En los depósitos se lograron definir tres facies, bloques, mixta y matriz. Las velocidades mínimas alcanzadas por la avalancha fueron de 15 m/s a 20 m/s, logrando alcanzar 22.5 km de distancia. Con este estudio, se pone en evidencia la importancia de evaluar y estudiar este tipo de fenómenos y el riesgo que constituyen para las poblaciones humanas y para los ecosistemas donde se presentan.

RN-20 CARTEL

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EN LA CIUDAD DE PUEBLA UTILIZANDO IMÁGENES RADAR Y MODELOS FOTOGRAMÉTRICOS - CASO DE ESTUDIO: ECOPARQUE METROPOLITANO DE PUEBLA

García Cruzado Sergio Armando¹, Ramírez Serrato Nelly L.¹ y García Sánchez David²

¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

garciacz93@gmail.com

Los deslizamientos de tierra representan uno de los peligros más severos a nivel mundial, ya que causan daños significativos en las edificaciones y exponen a la población a graves riesgos. Estos deslizamientos consisten en el movimiento de masas de roca, escombros o tierra hacia abajo, a lo largo de un plano de debilidad. Este movimiento de tierra puede generarse de forma lenta o abrupta y puede ser desencadenado por diversos factores y características del entorno, como las lluvias intensas, la pendiente del terreno, los cambios en la vegetación, la erosión, entre otros. En los últimos años, la ciudad de Puebla ha experimentado un rápido crecimiento poblacional, lo que ha conducido a una expansión descontrolada de la zona urbana. Lo que ha generado la construcción de obras en zonas propensas al deslizamiento de tierra como las laderas de los ríos y barrancos. Un ejemplo de esto se encuentra en la sección sur del Ecoparque Metropolitano de Puebla, donde se observan diversas fracturas en la ciclovía del parque, evidenciando el movimiento de tierra en una de sus laderas. Por lo que este trabajo tuvo como objetivo: identificar si la zona presenta un proceso activo de deslizamiento de tierra por medio de imágenes de radar de Sentinel-1; analizar los factores relacionados al desplazamiento de tierra, que pueden acelerar este proceso por medio de una base de datos SIG generada con imágenes satelitales y datos de libre acceso, que contiene: litología, uso de suelo, pendiente, vegetación, entre otros; Y cuantificar la separación de las fracturas identificadas en la zona por medio de un modelo fotogramétrico de corto alcance mediante smartphone. Los resultados de este trabajo permiten identificar la presencia y actividad de los procesos de deslizamiento de tierra en zonas urbanas, así como la identificación de los factores que potencian los efectos de este fenómeno, lo cual resulta fundamental para un monitoreo efectivo de las áreas propensas al deslizamiento de tierra. Esta información ayuda a la identificación de áreas de riesgo e implementación de medidas de prevención adaptadas a las características de cada zona, con el fin de reducir y prevenir el riesgo de colapso en estas áreas, lo que contribuye significativamente a la seguridad de la población.

RN-21 CARTEL

PROPUESTA DE MONITOREO MEDIANTE TECNOLOGÍAS GEOMÁTICAS COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS POR SUBSIDENCIA DE FÁCIL ACCESO

Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, García Cruzado Sergio A.², Vidal García Gabriela³, Jácome Paz Mariana Patricia⁴, López Valdés Néstor⁴, Herrera Zamarrón Graciela S.⁵, Yépez-Rincón Fabiola D.⁵ y Villarreal Samuel⁶

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UNAM

⁴Facultad de Ciencias, UNAM

⁵Departamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León

⁶Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.,
Departamento de Ingeniería Sustentable, Subselección Durango

nellyrmz@igeofisica.unam.mx

El monitoreo comunitario, acompañado por instancias técnicas y tecnologías de bajo costo, es una herramienta que facilita la evaluación de daños en asentamientos humanos ocasionados por distintos procesos geológicos, para ello, se presenta el desarrollo de una metodología para el monitoreo de daños causados por subsidencia. Esta metodología se centra en el uso de tecnologías avanzadas en geomática, como el LiDAR de corto alcance, vehículos aéreos no tripulados

(VANT's) y fotogrametría basada en smartphones. Estos instrumentos permiten a las comunidades locales mapear y monitorear sus propias áreas, detectando cambios en el terreno con una precisión de hasta 1 cm. La información recolectada por la instrumentación mencionada ayuda a integrar mapas de escala regional enfocados en detectar zonas propensas a sufrir daños relacionados a la subsidencia y los socavones. Esto permite contrastar información a distintas escalas espaciales, mejorando la información disponible tanto a escala local como regional. Por lo tanto, las acciones del monitoreo comunitario brindarán a las personas la oportunidad de identificar de manera anticipada daños potenciales para tomar medidas tempranas de mitigación, contribuyendo así a la resiliencia de la comunidad frente a los desafíos de la subsidencia. Adicionalmente, se presenta el uso potencial de diversas tecnologías geomáticas en el adecuado manejo territorial comunitario generando mejores marcos de referencia para la toma de decisiones y la implementación de acciones efectivas.

RN-22 CARTEL

A MOLECULAR DYNAMICS ALGORITHM TO STUDY DRY GRANULAR GEOLOGICAL FLOWS COMPOSED OF NON-SPHERICAL PARTICLES

Rodríguez Liñán Gustavo M. y Capra Lucia

Centro de Geociencias, UNAM

grodriquezlinan@geociencias.unam.mx

In this work we present a numerical Molecular Dynamics (MD) algorithm, optimized to be run on a parallelized Graphic Process Unit (GPU), of a 3D dry granular system composed by non-spherical particles. We show that this algorithm is able to simulate dry-granular geological flows, such as Pyroclastic Density Currents and rock avalanches, with up to 10⁶ particles. The algorithm considers 6 degrees of freedom for the grains as well as a detailed description of the granular interparticle forces (inelastic collisions and static and dynamic friction forces). Additionally, we consider a simplified model for the interaction between particles and interstitial fluid (air) to explore air-driven behavior, such as size segregation, commonly observed in gravity-driven granular flows. We show that a great amount of information about the kinematic and dynamic properties of the flow can be extracted from the simulations in a grain-scale detail that could not be obtained from the commonly utilized continuum models. Our numerical method could also be enhance in order to include more complex hydrodynamic interactions, in order to study water saturated flows, such as lahars and debris flows.

Sesión regular

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Organizadores

Isabel Israde Alcántara
Norma González Cervantes

SED-1 CARTEL

INCONSISTENCIAS LITOESTRATIGRÁFICAS DE LOS COMPLEJOS Y TERRENOS TECTONOESTRATIGRÁFICOS EN LAS CARTAS GEOLÓGICAS DE MÉXICO

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio

Industria Minera Indio S.A. de C.V.
bazanperkins@hotmail.com

Desde que Campa y Coney (1983) postularon los terrenos tectonoestratigráficos con sus terminologías y distribución, ninguno es congruente con la litoestratigrafía y tectónica regional propuesta. Varios investigadores siguiendo la misma tendencia, con discrepancias de límites y nomenclaturas basadas en etnias, entidades geográficas, provincias para unas 180 definiciones inaplicables, por falta de estratigrafía con variados criterios en tiempo y espacio. Esto es, sin control litológico sucesivo, evolución tectónica del basamento que los rige. Ante tanta nomenclatura dispersa, resulta imposible su correlación en tiempo y espacio para los terrenos propuestos, como ocurrencias para los terrenos Guerrero, Oaxaquía, Chihuahua, Caborca, Coahuila, Maya, Juárez, Mixteca, Cuicateco, Zapoteca, Chatino, Nahuatl, Sierra Madre Occidental, entre muchos más. Es decir, no cumplen bases del Léxico Estratigráfico de México, ni internacional, como mecanismos para normalizar el conocimiento de la corteza en códigos litoestratigráficos de la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, con garantes representativas del Servicio Geológico Mexicano, del Instituto de Geología, UNAM, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros y Sociedad Geológica Mexicana. Lo mismos obstáculos que frenan el conocimiento geológico del territorio de México, son las nomenclaturas asignadas de "complejos" por varios autores, para las secuencias de fajas estructurales cuya sucesión litológica desconocen, por falta de relaciones de campo para sucesiones afectadas por metamorfismo en facies de granulita, anfibolita y esquistos verdes. Varias nomenclaturas de "complejos" existen para fajas estructurales por falta de estratigrafía para unas 40 secuencias, descritas como: complejo Oaxaqueño, Acatlán, Teloloapan, Mazateco, Sonovari, Xolapa, Tierra Caliente, en aumento, oscurecen la naturaleza de la corteza. Tales inconsistencias desconocen sucesiones litológicas del basamento precámbrico, donde se desprende que la literatura del léxico estratigráfico quedo atrapada desde la década de los 80's, para considerar que las Cartas Geológicas de la República Mexicana Escala 1:2 000 000 editadas en 1985, 1992, 2006 y 2007, son inexactas y contradictorias en su interpretación del Precámbrico, incurrir grandes errores de espacio tiempo. Esto es, consideran al Mesozoico rocas verdes arqueanas del arco volcánico del Supergrupo Pápalo y los esquistos del Supergrupo Acatlán del Mesoproterozoico, lo asignan al Paleozoico. Otras inconsistencias proponen varias orogénias durante el Paleozoico, cuando el territorio de México implica una Era Paleozoica anorogénica de acreción, para la faja de 500 km de ancho de rocas plutónicas NNW-SSE con edades, entre 542 y 251 Ma. La historia litoestratigráfica del Precámbrico, representa las 9/10 de la corteza, en siete supergrupos con extensas discordancias oblicuas y tectónicas desde el Grupo Los Alisos, del Supergrupo Guanajuato del Hadiano (4150-3900 Ma), que implican al Gran Rift tipo MORB del Supergrupo Zihuatanejo. Sigue el arco insular del Supergrupo Pápalo (3900-2600 Ma) del Arqueano, seguido del Supergrupo Zimatlán (2600-1800 Ma) del Geosinclinal El Rosario del Paleoproterozoico. Continúa el Supergrupo Acatlán (1800-1000 Ma); prolongación meridional del Belt-Purcell Supergroup del oeste de Canadá. Asimismo, del Supergrupo Telixtlahuaca (1500-1100 Ma) de intrusiones gábricos del arco Subgrupo Vigallo de 1110±20 Ma, afectadas por metamorfismo regional progresivo de la Orogenia Oaxaqueña (1100-720 Ma) y culmina con el Supergrupo Caborca del Neoproterozoico

SED-2 CARTEL

CUENCA DE IMPACTO CHICXULUB, PLATAFORMA DE YUCATÁN: SECUENCIA CARBONATADA PALEÓGENA, POZO YAXCOPOIL-1

Escobar Sánchez Juana Elia

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, Campus UNAM, ENES Mérida
elia.escobar@enesmerida.unam.mx

El pozo Yaxcopoil-1 se encuentra situado dentro de la cuenca impacto del cráter Chicxulub, del cual se estudio la columna sedimentaria de edad paleógena sobreyacente a la brecha de impacto, que comprende un espesor de 388 m., donde

se lograron determinar 12 unidades litoestratigráficas caracterizándolas con sus respectivas microfases lo que permitió conocer las variaciones paleambientales, litológicas, bioestratigráficas y diagenéticas después del impacto. Se estableció un modelo de sucesión sedimentaria que estuvo sujeto a diferentes variaciones en su depósito desde las primeras microfases influenciado por un flujo de detritos reacomodándose en las zonas de pendiente de la plataforma producto del impacto. Posteriormente las variaciones de facies profundas a poco profundas indicarían posibles cambios en el nivel del mar a pequeña escala, restableciéndose en las últimas facies de la columna de estudio, correspondiente a la parte más somera de la secuencia. Por lo que se establece un paleoambiente de plataforma tipo rampa, con variaciones en la pendiente, sobre todo en la parte basal de la secuencia, posiblemente provocados por el asentamiento y basculamiento producto del impacto y formación del cráter de impacto.

SED-3 CARTEL

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL Y REGISTRO MAGNÉTICO DE LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS DEL CLÁSICO TEMPRANO DEL BORDE SUR DEL LAGO DE CUITZEO

Flores García Karla Astrid¹, Israde Alcántara Isabel¹, Cejudo Rubén² y Gogichaishvili Avto²¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT

²Instituto de Geofísica, UNAM
2220181h@umich.mx

El margen sur del lago de Cuitzeo presenta un afloramiento de 2.80 m. de sedimentos levantados arriba del nivel del lago. Este ha sido fechado en preclásico, año 640 a.P. (Clásico Temprano) y consiste en una secuencia de limos a limos arenosos con espesores que van de 2 a 7 cm, con distintas tonalidades. Se pueden observar tres grandes paquetes: La base de 0 a 60 cm es más limosa color café a café rojizo. Y hacia su cima se encontraron restos óseos humanos. Esta viene cubierta por depósitos arcillosos de 20 cm, que son interrumpidos por una discordancia erosiva cubierta por un depósito masivo rico en carbón, que incluye numerosos tuestos de cerámica prehispánica. El segundo paquete se encuentra en la zona central y está constituido de limos y limos arenosos con pequeñas laminaciones y concreciones rojizas que indican retrabajamiento. Este nivel es un nivel marcador a lo largo de toda la secuencia. El paquete tres consiste en limos finos que son cubiertos por numerosas intercalaciones de depósitos volcánicos, que consiste en pómez y ceniza hacia la cima. Los estudios de susceptibilidad magnética presentan bajo contenido de titanomagnetita y alto contenido de material ferrimagnético, asociado a algún evento volcánico. El registro de las asociaciones de diatomeas observadas (Campylodiscus, Surirella y Anomoeneis), sugiere que se registraron pequeños periodos de sequía e intervalos de lluvias más continuos (Achnantes, Aulacoseira, y Psudostaurosira) que sugieren un lago de aguas bajas y alcalinas. Basado en los numerosos tuestos observados en distintas partes de la columna sedimentaria sugieren que las actividades humanas en el sitio fueron muy continuas a lo largo del tiempo. Están en proceso los análisis de paleointensidad y curvas KT que permitirán comparar las cronológicas absolutas y relativas en los restos de tuestos de cerámica.

SED-4 CARTEL

INTERPRETACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DEL BASAMENTO ARQUEANO DE LA PLATAFORMA DE YUCATÁN Y SU EVOLUCIÓN TECTÓNICA EN NORTE AMÉRICA

Bazán Perkins Sergio Dale y Bazán Barrón Sergio

Industria Minera Indio S.A. de C.V.
bazanperkins@hotmail.com

El basamento de la Plataforma de Yucatán, se interpreta mediante pozos petroleros y afloramientos en la Sierra Maya por su estratigrafía y evolución tectónica, desde el Arqueano, Proterozoico. Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico de Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Norte de Guatemala y Sureste de Belice. Las rocas metamórficas basales corresponden al Supergrupo Pápalo, del escudo arqueano de México, que destaca por rígido y estable, hasta profundidades de 200 metros del mar territorial, para duplicar su distribución como el más grande cratón arqueano cortical. La columna estratigráfica comprende espesores hasta más de 20 km, determinada por 12 pozos de PEMEX y 23 pozos perforados en Belice y

Guatemala, basada también con estudios geofísicos. Las formaciones cenozoicas, cubren 70% de la Península de Yucatán, con calizas, dolomitas y evaporitas mal consolidadas, sujetas a la dilución y fracturas en cenotes. La primera información del basamento metamórfico, se obtuvo del Pozo Yucatán No. 1, a 3,200 m de profundidad, entonces asignado al Paleozoico, para rocas duras y frágiles con un miembro volcánico cretácico. Consisten del potente Esquisto de cuarzo y clorita cristaloblástica gris oscuro, con bandas irregulares verdes, café rojizo y amarillento lustrosas, asignadas por semejanza litológica al Supergrupo Pápalo del Arqueano del área tipo de la Sierra de Juárez, Oaxaca. También observables en extensas y potentes secuencias en las Montañas Maya al sur de Belice y norte de Guatemala, cortados por el pozo Basil Jones No. 1, que alcanzaron los esquistos del Supergrupo Pápalo, aflorantes en la Sierra Maya. Al norte de Guatemala existe potente secuencia litoestratigráfica del Grupo Chuacús rocas verdes basales serpentinizadas del arco volcánico del Supergrupo Pápalo del Arqueano, seguidos en discordancia oblicua de paragneis bandeados de anfibolitas verdes, alternantes con arcosas cuarzofeldespáticas blanquesinas, semejantes al Grupo El Trapiche del Paleoproterozoico. A las anteriores suprayacen paragneis cuarzofeldespáticos de biotita, granate y grafito del Mesoproterozoico, correlacionable con la Faja Estructural Oaxaqueña. La tectónica implica intensos plegamientos laramídicos de secuencias cretácicas, por colisión del basamento rígido del Supergrupo Pápalo, en subducción bajo la Sierra Madre de Chiapas. Está penetración desplaza lateralmente al bloque Chortis al Sureste con fallas transcurrentes Polochic-Motahua de la placa Caribeña y la corteza continental de México hacia el NNW, cuasi-paralelas a la Trinchera de Acapulco; que implican la falla inversa Papalutla y cierre del Mar de Thetys mesozoico, la Faja Neovolcánica Transmexicana, con desprendimiento del Bloque Jalisco y la Península de Baja California. Concluimos que el gran cratón de la Plataforma de Yucatán fue desprendida del Norte de Colombia y desplazada hasta su posición actual por la placa Caribeña para generar sucesivas cabalgaduras desde la trinchera de subducción marina de Chicontepec-Vista Hermosa-Palenque, con polaridad al poniente. Esto implica fallas inversas basales con batolitos someros en los bloques involucrados y desgarre cortical, transpresivas dextral E-W, a lo largo de la mega sutura de la FNTM. Al mismo tiempo la placa Pacífico se fraccionaba y reaccionaba en sentido opuesto hacia el oriente, para ocasionar la intensa compresión Laramídica de plutonismo y vulcanismo hasta el Holoceno.

Sesión regular

SISMOLOGÍA

Organizadores

Héctor González Huizar
Francisco Córdoba Montiel
Miguel Ángel Rodríguez Domínguez

SIS-1

DETECCIÓN DE PEQUEÑA SISMICIDAD

González Avila Daniel y Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional
SSN, UNAM

danielg@sismologico.unam.mx

Debido al aumento de datos sismológicos que se reciben hoy en día en el Servicio Sismológico Nacional (SSN), se requiere de herramientas que permitan un fácil y rápido manejo de la sismicidad. La puesta en marcha de al menos una técnica que ayude en la detección de sismicidad es un gran avance; para el caso de la República Mexicana, aumentaría el umbral de detección y con ello, la completitud del catálogo nacional, el cual está a cargo del SSN. Como áreas de oportunidad en el área de análisis existen las siguientes preguntas: ¿Estas técnicas de análisis de señales permitirán mejorar la detección de sismicidad pequeña? De ser así, ¿Pueden utilizarse de manera constante, es decir, como monitoreo de la actividad sísmica? La detección de sismicidad depende de la densidad y distribución de las estaciones sísmicas, sin embargo existe y resulta complicado detectarla por diversas razones que incluyen efectos de sitio y la distancia de la fuente al receptor; es aquí donde entran ciertas técnicas y herramientas para aprovechar lo mejor posible los datos con los que se cuentan.

SIS-2

SISMICIDAD Y ESTADO DE ESFUERZOS EN LA REGIÓN NORTE-CENTRO DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Cruz Hernández Favio y Castro Escamilla Raúl Ramón

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
fcruz@cicese.edu.mx

Compilamos un catálogo de terremotos para estimar los mecanismos focales en la región centro-norte (27.5N-31.5N) del Golfo de California (GoC) para determinar el estado de esfuerzos. El catálogo consta de 81 sismos relocalizados entre 2016 y 2021 con magnitudes entre M4 y M5.7 y profundidades menores a 25 km. Seleccionamos 47 sismos registrados por la Red Sismológica de Banda ancha del Golfo de California (RESBAN) y el Servicio Sismológico Nacional (SSN) para obtener la solución del mecanismo focal mediante la inversión de forma de onda utilizando el software ISOLA (Sokos y Zahradnik, 2008). A partir de estos mecanismos focales y de 33 seleccionados desde otros catálogos, conformamos una base de datos de 80 mecanismos focales. Creamos 3 grupos de mecanismos focales para estimar la orientación de los esfuerzos principales utilizando el método bayesiano de triedros recto (BRTM). Los resultados indican que en la región más al norte del GoC predomina un régimen de esfuerzo de fallamiento normal que correlaciona con las cuencas en desarrollo que hay en esa región. En la región central persiste un régimen de esfuerzo de fallamiento de rumbo, típico de límites transformes. En la región central, estimamos el coeficiente de fricción (0.74) para un segmento de la Falla Canal de Ballenas. El coeficiente de fricción es coincidente con valores reportados desde pruebas de laboratorio que reproducen características tectónicas similares al GoC. La tasa de deslizamiento para esa región y el valor del coeficiente de fricción, sugieren fallas con características friccionales fuertes. Es probable que esta característica física de las fallas contribuya a una menor sismicidad en la región central del GoC.

SIS-3

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA INTERFEROMETRÍA SAR SATELITAL PARA LA DETECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO SUPERFICIAL CAUSADO POR LOS SISMOS DE MAGNITUD MODERADA EN EL VALLE DE MEXICALI

Sarychikhina Olga, Glowacka Ewa y González Ortega Alejandro

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
osarytch@cicese.mx

La localización precisa y el mecanismo focal de un evento sísmico son una información de suma relevancia para los estudios tectónicos y la evaluación del

riesgo sísmico de una región. No obstante, cuando se trata de obtener esta información para los eventos de magnitud moderada o baja, surgen notables discrepancias entre los parámetros proporcionados por diferentes agencias. Esto se atribuye tanto a las configuraciones de las redes sísmicas, como a los diferentes modelos sismotectónicos y técnicas aplicadas. La Interferometría SAR satelital (InSAR) es una técnica de geodesia espacial que permite la identificación y cuantificación de los desplazamientos de la superficie terrestre con una alta precisión y resolución espacial. Debido a su inigualable potencial, la técnica de InSAR se utiliza ampliamente en los estudios de los desplazamientos de la superficie terrestre causados por los eventos sísmicos. En los estudios aplicados a los grandes sismos, esta técnica ha permitido obtener la ubicación de las estructuras generadoras, limitar sus geometrías y cuantificar el desplazamiento ocurrido sobre ellas (e.g., Massonnet et al., 1993; Fialko et al., 2010; Li et al., 2023). Sin embargo, cuando se trata de sismos con magnitudes menores a 6, el alcance del desplazamiento superficial inducido puede oscilar entre unos pocos centímetros y milímetros, aproximándose a los límites de detección de InSAR. Investigaciones basadas en estimaciones teóricas sobre el umbral de detección de InSAR (Earle et al., 2001; Dawson y Tregoning, 2007) sugieren que es improbable que los sismos con magnitudes inferiores a 4.5 generen suficiente desplazamiento superficial como para ser captados por InSAR. No obstante, es relevante mencionar que este umbral puede variar según la profundidad del hipocentro y el mecanismo del evento (Békési et al., 2020), así como por la presencia de mecanismos sísmicos secundarios (Sarychikhina et al., 2015). Entre enero de 2015 y diciembre de 2022 en el Valle de Mexicali han ocurrido 8 eventos sísmicos con magnitudes entre 4.0 y 4.9. Dichos eventos se localizaron principalmente dentro o en cercanía a la cuenca Cerro Prieto. Sin embargo, las localizaciones reportadas por diferentes fuentes (USGS, RESNOM) tienen kilómetros de diferencia, haciendo difícil atribuir la generación de cada sismo a una estructura sismogénica específica. En este trabajo se ha empleado la técnica de la Interferometría SAR satelital con el objetivo de determinar la posible existencia de un desplazamiento superficial asociado a dichos eventos sísmicos, obtener la ubicación general de sus estructuras generadoras y de este modo asignarlos a unas determinadas fallas sismogénicas. Los resultados obtenidos con la técnica de InSAR se comparan con los datos de una estación GPS y con los registros de los instrumentos geotécnicos de la Red de Deformaciones de la Corteza en el Valle de Mexicali (REDECVAM). Adicionalmente, se determina el umbral de detectabilidad de InSAR para el área de este estudio.

SIS-4

ESTRUCTURA DE LA CORTEZA Y DE LAS PLACAS DE RIVERA Y COCOS EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO

Núñez Cornú Francisco Javier¹, Suárez Plascencia Carlos¹ y Núñez Diana²

¹SisVOC, Udg

²Fac. Cs. Físicas, Univ. Complutense de Madrid
fcornu@cuc.udg.mx

La geometría de la subducción de las placas de Rivera y Cocos debajo de la placa de América del Norte se ha estudiado utilizando un total de 5220 hipocentros ubicados en la región de Jalisco, Colima y Michoacán en el oeste de México. Nuestros resultados muestran que las características sísmicas de la subducción en el Bloque Michoacán, la Zona del Rift de Colima y el Bloque Jalisco están bien diferenciadas. Nuestro estudio apoya la hipótesis de que la Zona de Subducción de Jalisco está compuesta por, al menos, dos bloques de antearco, Bloque Antearco Banderas y Bloque de Antearco de Jalisco, separados por el Cañón de Ipala (Falla de Bandy). En esta región, el espesor de la corteza del Bloque Jalisco es de aproximadamente 30 km, mientras que el Bloque Michoacán tiene un espesor de 35 km. Identificamos cuatro bloques de corteza a lo largo de la costa en el Bloque Jalisco a partir de datos de sismicidad superficial. Además, la Placa de Rivera está segmentada en tres secciones con diferentes tamaños y geometrías evidenciadas por datos de sismicidad profunda. No hay evidencia de una losa debajo de la Zona de Rift de Colima debido a que la sismicidad es escasa, excepto en la costa y el área del Volcán de Colima donde se observan sismos profundos (> 70 km), que podrían estar asociados a procesos magmáticos. La sismicidad del proceso de subducción de la Placa de Cocos luce homogénea, excepto por un cúmulo sísmico en la desembocadura del río Coalcoman, donde se ubica el área epicentral de los sismos de 1973 y 2021. Nuestros resultados muestran que la Placa de Cocos se está subduciendo con un ángulo entre 24° y 30° y está ligeramente doblada en dirección

norooeste. Por lo tanto, nuestro estudio sugiere que se deben revisar los modelos sismotectónicos actuales de la región.

SIS-5

MODELO MÍNIMO UNIDIMENSIONAL DE VELOCIDADES DE ONDAS SÍSMICAS PARA EL BLOQUE DE JALISCO A PARTIR DE DATOS DE SISMICIDAD REGIONAL

Guzmán-de la Cruz Miguel Ángel¹, Quinteros-Cartaya Claudia B. M.², Núñez Diana³ y Núñez-Cornú Francisco Javier⁴

¹Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología Aplicada de Tabasco – Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)

²Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS), Frankfurt, Alemania

³Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid

⁴Sismología y Volcanología de Occidente (SisVoc), Universidad de Guadalajara

miguel.guzman@ujat.mx

Con el objetivo de obtener localizaciones más precisas en la región del Bloque de Jalisco, se obtuvo un modelo mínimo 1-D de velocidades de ondas P y ondas S. La estimación del modelo se llevó a cabo mediante el uso del programa Veles, invirtiendo de manera simultánea las velocidades de ondas de cuerpo y los parámetros hipocentrales. La base de datos utilizadas para la inversión consta de 169 eventos ocurridos entre 2003 y 2016, los cuales fueron registrados por la Red Sísmica Telemétrica de Colima (RESCO), la Red del Volcán de Colima, la Red Sísmica Telemétrica y Acelerométrica de Jalisco (RESAJ) y la Red de estaciones sísmicas temporales del Proyecto Tsujal. Los resultados obtenidos de la inversión indican que los tiempos de arribos registrados en algunas estaciones presentan cierto desfase, posiblemente asociado a la geología local. A partir de estos desfases se estimaron los valores de corrección para los casos requeridos. Finalmente, se obtuvo un modelo constituido por ocho capas, cuyos cambios de velocidad más significativos se encuentran a 4 km, 10 km, 21 km y 31 km de profundidad. Las discontinuidades a los 10 y 31 km se interpretaron como la discontinuidad de Conrad y Moho, respectivamente. El modelo propuesto permite lograr un mejor ajuste de los tiempos de viaje de ondas P y S, mejorando la precisión de la localización de sismos en el Bloque de Jalisco.

SIS-6

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD DE BAJA FRECUENCIA REGISTRADA EN EL VOLCÁN CEBORUCO

Núñez Diana¹, Núñez Cornú Francisco Javier² y Rowe Charlotte³

¹Universidad Complutense de Madrid, UCM

²SisVoc, Universidad de Guadalajara

³Los Alamos National Laboratory

dianan01@ucm.es

El magma y el movimiento relacionado con fluidos hidrotermales y su interacción con la roca sólida en regiones volcánicas activas generan una amplia variedad de ondas sísmicas cuya caracterización puede mitigar el riesgo de una potencial erupción. El Volcán Ceboruco se localiza en la región occidental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, y es considerado como uno de los volcanes más peligrosos en México. Este volcán tuvo su último periodo eruptivo en 1870-1875. Para establecer el estado actual del volcán Ceboruco, se realizó un detallado estudio de sismicidad en los alrededores del edificio volcánico con la instalación de una red sísmica temporal densa de 25 estaciones cubriendo un área de 16 km x 16 km desde noviembre de 2016 a julio de 2017. En este periodo, se detectaron 81 terremotos concentrado bajo el cráter con profundidades entre 4 y 8 km. En este estudio, se observaron eventos de baja frecuencia e híbridos que ocurrieron en enjambres. Específicamente, se identificaron cuatro secuencias sísmicas que han sido caracterizadas en detalle con la determinación de los primeros mecanismos focales para este volcán. Nuestros resultados sugieren un cambio en la distribución de la sismicidad local comparada con las observaciones previas, cuya actividad sísmica reportada cerca del edificio volcánica estaba asociada a la migración de fluidos a lo largo de zonas de debilidad relacionada con los esfuerzos extensionales del rift de Tepic-Zacoalco. Los cambios en los patrones sísmicos y los mecanismos focales obtenidos son consistentes con efectos de fluidos observados en muchos emplazamientos geotérmicos alrededor del mundo, pero también podría sugerir una reactivación de la actividad de este volcán.

SIS-7

RED TEMPORAL INSTALADA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DESPUÉS DEL SISMO DE COALCOMÁN M7.7 DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2022

Aguirre Jorge¹, Macías Castillo Marco Antonio¹, Vázquez Rosas Ricardo², Pertion Mathiew¹, Ramírez Guzmán Leonardo³, Gallardo Juárez Vanessa Nicole³, Romero Velázquez María Gabriela⁴ y Granados Chavarría Iván⁵

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

³ESIA Ticomán, IPN/Instituto de Ingeniería, UNAM

⁴Universidad La Salle

⁵Posgrado de Geofísica, UNAM/Instituto de Ingeniería, UNAM

joagg@pumas.iingen.unam.mx

Una red temporal de 18 sismómetros fue instalada con el propósito de registrar las réplicas del sismo M7.7 ocurrido el 19 de septiembre de 2022 frente a las costas de Michoacán. Se instalaron equipos Guralp CMG6TD en 16 sitios, en los 2 sitios restantes se instalaron acelerógrafos K2 de Kinematics sobre la costa. Exceptuando una estación instalada en Tecmán, Colima, todas las demás estaciones fueron instaladas en el estado de Michoacán. Los sismómetros registraron en continuo con una cadencia de 100 muestras por segundo, mientras que los acelerógrafos lo hicieron por disparo con la misma cadencia de muestreo. La red completa operó de principios de octubre de 2022 a finales de marzo de 2023. Una parte reducida de estaciones alrededor de la zona de Los Reyes- Periban sigue operando. Con base en las visitas de recuperación de información realizada a mediados de diciembre y a fines de marzo, se ha podido comprobar la valiosa información que esta red ha registrado. Además de las cuantiosas réplicas, esta red registró el sismo de Tecpan, Gro. M6.0 del 11 de diciembre de 2022, el sismo de Tonga M7.3 del 11 de noviembre de 2022 y los sismos de Turquía Mw7.7 y Mw7.6 del 6 de febrero de 2023. También se tienen registros de estaciones muy cercanas al brote sísmico en la zona de Uruapan-Tancitaro-Los Reyes. Adicionalmente, con el fin de registrar alguna réplica en varios puntos distribuidos en algunas ciudades se instalaron temporalmente equipos en arreglos lineales, en cruz o en triángulo. Estos arreglos registraron por unas cuantas horas en forma simultánea. La elección de la ubicación de los arreglos y las ciudades fue con base en los daños reportados en el momento de la planeación. Las ciudades fueron Uruapan, Tecmán, Aquila y Coalcomán. En algunos, se registraron eventos sísmicos a pesar del poco tiempo que estuvieron operando. Sin embargo, la información registrada que no contiene eventos sísmicos también resulta valiosa ya que permite usar técnicas de análisis de vibración ambiental para caracterizar las propiedades elásticas del terreno. Además, en este trabajo presentamos resultados de los análisis que hemos realizado con estos datos incluyendo la relocalización epicentral y estudios de efectos de sitio.

SIS-8

ANÁLISIS Y LOCALIZACIÓN DE RÉPLICAS DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2022 (MW 7.6) EN MICHOACÁN-COLIMA CON DATOS DE UNA RED DE ESTACIONES MÓVILES

Seneca Falcon Omar¹, Castro Artola Oscar Alberto¹, Iglesias Mendoza Arturo², Sosa Jiménez Miguel A.², Robledo Vargas David Ahenbec², Ruiz Vázquez Iván², Mendoza Carvajal Antonio de Jesús², Real Pérez Jorge² y Angulo Carrillo Joel²

¹Instituto de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

²Servicio Sismológico Nacional

omarsenecafalcon@gmail.com

El sismo de Michoacán-Colima el 19 de septiembre del 2022 (Ms 7.6, Mw 7.6) causó un daño severo a muchos poblados y ciudades de los estados de Michoacán y Colima. El daño fue agravado por una réplica de magnitud importante (Mw 6.7) el 22 de septiembre. Una red de estaciones móviles (Digitalizador Reftek 130 y Sismómetros Guralp 40T de 30 seg - 50 Hz 2x800 V/m/s y 60 seg - 50 Hz 2x400 V/m/s) fue desplegada, ubicándose en puntos estratégicos de la costa y operando desde el 22 de septiembre hasta el 8 de noviembre del 2022. En este trabajo se presentan la localización de un aproximado de 1800 eventos (posibles réplicas) usando los datos recabados durante este periodo de tiempo. La distribución de las réplicas muestra una mayor densidad rodeando el área de ruptura reportada por el USGS-NEIC. Para su presentación los eventos se separaron por periodos de tiempo, comparando esta actividad con la sismicidad observada antes del sismo del 19 de septiembre.

SIS-9

A BAYESIAN APPROACH TO ESTIMATE THE DISTRIBUTION OF EARTHQUAKE MAGNITUDES (INCLUDING BELOW COMPLETENESS)

Bodin Thomas¹, Durand Stephanie¹, Gardonio Blandine¹ y Marsan David²

¹Laboratoire de Géologie de Lyon (CNRS)

²ISTerre, Université Savoie Mont Blanc – France

thomas.bodin@ens-lyon.fr

The statistical distribution of seismicity is described by the so-called Gutenberg-Richter law where the distribution of magnitudes $p(M)$ follows an

exponential law $p(M) = b \exp(-bM)$. The slope of this law, called "b-value", is used to compute seismic hazard maps. A well-known problem is that small events are often not detected, and the actual Gutenberg- Richter law thus needs to be corrected for small events. This can be done by multiplying the exponential law by the probability $q(M)$ of detecting an earthquake of magnitude M . In this way, the distribution of observed magnitudes writes $p(M) = q(M) \cdot b \exp(-bM)$. Characterizing the detection function $q(M)$ is crucial as it allows to estimate the number of earthquakes that are missed at small magnitudes. This is particularly useful when analyzing aftershock sequences at early times, when the detection function threshold varies quickly. Here we propose a Bayesian approach to jointly estimated all parameters that define $p(M)$, i.e. the b-value as well as the parameters of the detection function $q(M)$. Different detection functions, described by different number of parameters, are tested. Of course, a better fit is achieved as more parameters are used to describe $q(M)$. We show how a Bayesian model selection approach can be used to compare different detection functions with different levels of complexity, to properly estimate $q(M)$ and the b-value, together with associated uncertainty.

SIS-10

ESTRUCTURA DE VELOCIDADES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL UTILIZANDO RUIDO SÍSMICO

Esquivel-Mendiola Leonarda I.¹, Iglesias Mendoza Arturo¹, Calò Marco¹, Tago Pacheco Josué² y Macías Vázquez José Luis¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

leoesquivel@igefisica.unam.mx

El volcán Popocatepetl es uno de los volcanes activos, junto con el volcán de Colima, que representan mayor riesgo en México debido a su proximidad con ciudades como México y Puebla, y asentamientos ubicados a menos de 15 km del cráter. En 1994, el volcán reinició su actividad e incrementó su actividad sísmica y emisiones de gas. Por ello, fue necesario robustecer e implementar nuevos métodos de monitoreo. Particularmente, el monitoreo sísmico ha sido una herramienta fundamental. El volcán cuenta con una red permanente de monitoreo operada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED); sin embargo, con objetivos de reconstruir su estructura, se han desplegado varias redes temporales. En este trabajo se presenta un modelo de velocidades 3D haciendo uso de las propiedades de los campos difusos, tal como, el ruido sísmico. Al utilizar el concepto de interferometría sísmica incrementamos el número de fuentes y atendemos el problema de la falta de distribución azimutal, tal como ocurre comúnmente en volcanes donde los VTs se encuentran restringidos en una región. Con el objetivo de incrementar el número de funciones de correlación cruzada (CC) disponibles y mejorar la resolución, empleamos los registros de ruido de la red permanente de CENAPRED en el periodo de 2019-2020 y las redes temporales que han existido (p. ej. 1999-2000, 2015-2016 y 2018-actualmente en operación). Obtuvimos curvas de dispersión de velocidad de grupo entre 0.5 s y 7 s, permitiéndonos así alcanzar una profundidad de investigación de hasta 9 km. La cantidad de CC nos permitió reconstruir cuerpos de aproximadamente $3 \times 3 \text{ km}^2$; por lo que mostramos un modelo de velocidades más detallado del volcán.

SIS-11

ZONAS DE RUPTURA DE LOS SISMOS DE 1978 (MW 7.6) Y 2020 (MW 7.5) EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE OAXACA Y SU RELACIÓN CON SISMOS HISTÓRICOS

Martínez López María del Rosario¹, Suárez Gerardo¹ y Mendoza Carlos²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

rosariomar55@hotmail.com

En la zona de subducción de Oaxaca han ocurrido en los últimos 100 años los sismos de 1928 (M 7.5; 7.4; 7.5), 1965 (Mw 7.4), 1978 (Mw 7.6) y 2020 (Mw 7.4). Los eventos de 1978 y de 2020 tienen datos digitales disponibles que permiten determinar el deslizamiento cosísmico. El sismo de 1978 (Mw 7.6) cuenta con registros de banda ancha, de periodo largo y de periodo corto, aunque son pocas las estaciones disponibles y su cobertura azimutal es relativamente limitada. El evento de 2020 (Mw 7.4) cuenta con 60 registros de banda ancha. Para ambos eventos se invirtieron ondas P y SH, registradas en velocidad a distancias teleseísmicas, para recuperar el deslizamiento sobre el plano de falla. La zona de ruptura del sismo de 2020 coincide con el área de réplicas del evento Mw 7.4 de 1965; esto es consistente con las observaciones de otros investigadores. Para el sismo de 1978, los resultados preliminares indican una sola zona de alto deslizamiento. Se examina la viabilidad de este modelo mediante una inversión del evento de 2020, tomando la misma distribución de estaciones que registraron el sismo de 1978. Se examinan además las incertidumbres asociadas a los modelos de ruptura obtenidos para los eventos de 1978 y 2020 mediante múltiples inversiones independientes, donde se varía la profundidad hipocentral, la velocidad de ruptura y la geometría de la falla. Esto permite estimar la desviación estándar del deslizamiento y el coeficiente de variación en cada celda. El nivel de confiabilidad de los patrones de ruptura de los eventos de 1978 y 2020 permite explorar su posible relación con los sismos históricos ocurridos en 1965 y 1928. Los resultados obtenidos de este trabajo tienen implicaciones en los estudios de riesgo sísmico en la zona de subducción del suroeste de Oaxaca.

SIS-12

LOCALIZACIÓN Y MECANISMOS FOCALES DE EVENTOS DETECTADOS POR UNA RED SÍSMICA TEMPORAL EN LA COSTA DE OAXACA DE SEPTIEMBRE DE 2021 A JUNIO DE 2022

Sánchez Alonso Fernando¹, Solano Hernández Ericka Alinne², Calò Marco³ y Montalvo Lara Carlos Emilio¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

³Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM

fernandmetal18@gmail.com

En el presente trabajo la pregunta central que motivó su realización fue: ¿Cuáles son las características geodinámicas y tectónicas presentes en la zona de subducción de la costa de Oaxaca y su sistema de fallas adyacentes? Para responder la cuestión anterior se obtuvieron mecanismos focales de eventos locales en el área de estudio con el propósito de dar una interpretación del régimen tectónico de acuerdo a los grupos de mecanismos focales encontrados. La red temporal de estaciones sismológicas utilizada constó de nueve sensores de banda ancha y dos Raspberries de periodo corto que estuvieron instaladas entre septiembre del 2021 y junio del 2022 en la costa de Oaxaca. En esta presentación se mostrarán los resultados obtenidos para los primeros meses, que nos darán un panorama inicial de lo que se puede interpretar al concluir el análisis de todos los datos. Para conocer los niveles de ruido de las estaciones instaladas se hizo el análisis de los espectros de densidad de potencia (PSD) y se observa que la mayoría están dentro del rango de modelos NLNM y NHNM. Como siguiente paso, se implementó un programa para la detección de eventos sísmicos usando el método STA/LTA y a través de varias pruebas se encontró la mejor combinación de parámetros para las características de niveles de ruido y de los eventos locales. Se empleó SEISAN y HYPODD para obtener las localizaciones por el método de doble diferencia así como los mecanismos focales. Un análisis inicial de dichos mecanismos nos permite agrupar eventos de acuerdo a las características geodinámicas y tectónicas de la zona de estudio. Este proyecto ha sido apoyado por el Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (PASPA), el proyecto interno UMAR 21I2003 así como una beca de posgrado CONAHCYT.

SIS-13

TOMOGRAFÍA SÍSMICA DE RUIDO AMBIENTAL EN LA COSTA OAXAQUEÑA

Calò Marco¹, Solano Hernández Ericka Alinne² y Montalvo-Lara Carlos Emilio³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

calo@geofisica.unam.mx

Entre septiembre de 2021 y junio de 2022 una red de 11 estaciones se instaló en la costa de Oaxaca para detectar la sismicidad local y caracterizar la estructura de esta porción del frente de subducción de la placa de Cocos. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de una tomografía sísmica de ruido ambiental usando los registros continuos adquiridos por la red temporal en conjunto con los datos de las estaciones de la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional instaladas en la región. La distribución espacial de la red y la calidad de los registros sísmicos permitieron reconstruir funciones empíricas de Green de gran calidad y medir curvas de dispersión de ondas de Rayleigh en periodos de 2 a 20 segundos. La regionalización de ondas superficiales permitió describir cambios laterales de velocidad con un área de resolución de aproximadamente $13 \times 13 \text{ km}^2$ dando como resultado una propuesta de modelo más detallado de la región hasta la fecha. Proyecto apoyado por el Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (PASPA) y el proyecto interno UMAR 21I2003.

SIS-14

REPEATING LARGE, SUBUCTION THRUST EARTHQUAKES IN OAXACA, MEXICO: SOME IMPLICATIONS

Singh Shri Krishna¹, Iglesias Arturo², Corona Raúl Daniel² y Santoyo Miguel Ángel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

krishnamex@yahoo.com

Subduction thrust earthquakes in Oaxaca are unusual: (1) They do not follow Gutenberg-Richter relation, instead they strongly support characteristic earthquake model. (2) Rupture process of large earthquakes is simple which is also reflected in simple P waves at teleseismic distances and very low REEF values. (3) Recently, repeating large earthquakes have been documented in the region. The repeating earthquakes occurred in: western Oaxaca in 1928, 1968, 2018 (Mw7.2), eastern Oaxaca in 1928, 1965, 2020 (Mw7.4), and central Oaxaca in 1928, 1978 (Mw7.6). Repetitions pin down the slip areas of all large Oaxaca earthquakes (but one) since 1928 to just 3 asperities (25 # L # 50 km) which are well separated from each other. An interface consisting of these asperities whose frictional properties persists over various seismic cycles explains the observations. While the seismic slip area and moment release on the asperities do not change over successive earthquakes,

the interevent time does (western Oaxaca: 40 and 50 yrs; eastern Oaxaca: 37 and 55 yrs), suggesting an interaction with other earthquakes and/or with SSEs. Seismic coupling ratio on the western and eastern asperities is ~ 1 while the ratio estimated from geodetic data is much smaller, 0.2 - 0.5. One possible reason for the discrepancy: The geodetic coupling ratio is the spatial average over a plate boundary area that has coupled and creeping parts. Seismic slip occurs over a coupled area, and coupling ratio for seismic slip area is essentially one. In central Oaxaca, the repeating earthquakes of 1928 and 1978 give an interevent time of 50 years. As 45 years have elapsed since the 1978 earthquake, this segment must be assigned a very high seismic potential. In this region, the long-term interseismic coupling, estimated from geodetic data, is among the highest along the Mexican subduction zone. The rupture area of 09/10/1928 earthquake (Mw7.6), the only event without a repeating pair, remains uncertain. In any case, vast areas between the asperities, and between the trench and the coast, have not experienced large events at least since 1928. Perhaps they only slip when driven by rupture of one or more of the asperities. This may have been the case during the great 1787 earthquake.

SIS-15

SEISMIC ANISOTROPY AND UPPER MANTLE FLOW IN SOUTHEASTERN MEXICO INFERRED FROM TELESEISMIC AND LOCAL INTRASLAB EARTHQUAKES

Celis Samuel¹, Valenzuela Wong Raúl¹, Calò Marco¹, Pérez-Campos Xyoli¹ y León Soto Gerardo²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

samcelis93@gmail.com

Silver and Chan (1991) covariance method was used to measure shear-wave splitting for both teleseismic and local intraslab earthquakes. Teleseismic measurements are consistent with subslab entrained flow below the subducted Cocos slab and with corner flow in the mantle wedge except in Chiapas where the fast polarization directions show greater variability and short delay times. Local measurements can be divided into three regions: The first region is located southeast of the Tehuantepec ridge extension. The measured fast polarization directions show a trench-parallel orientation that can be interpreted to result from the presence of a serpentinized mantle wedge beneath the forearc and a trench-parallel flow through the mantle wedge core. The second region is located northwest of the Tehuantepec ridge extension. Northeast of the 100 km isodepth contour of the Cocos slab the fast axes are trench perpendicular. This could be explained assuming the development of A-type olivine fabric and the existence of corner flow driven by the downwind motion of the Cocos slab. Between the 60 and 100 km isodepth contours, measurements are consistent with the presence of a serpentinized mantle wedge. Right above the Tehuantepec ridge extension, a change in the fast polarization directions from trench-normal to trench-parallel could suggest a change in the mantle flow pattern and could be evidence of a vertical tear in the Cocos slab coincident with the Tehuantepec ridge extension. Lastly, the third region is located above the subhorizontal Cocos slab where crustal faults seem to be the dominant factor producing the observed anisotropy. In order to improve the vertical resolution of the shear-wave splitting measurements from local earthquakes, a tomographic inversion was carried out (Abt and Fischer, 2008). A damped, iterative least squares approach was used to find 3D crystallographic orientations of minerals in the mantle wedge, assuming an orthorhombic symmetry. The best fitting model is consistent with the interpretations from local intraslab earthquake results.

SIS-16

EXPLORACIÓN DE GCAP PARA LA DETERMINACIÓN AUTOMÁTICA DEL MECANISMO FOCAL CON DATOS LOCALES

Martínez López María del Rosario y Suárez Reynoso Gerardo

Instituto de Geofísica, UNAM

rosariomar55@hotmail.com

En los estudios de peligro sísmico conocer los parámetros de la fuente es esencial. Por ello, en este trabajo se explora el uso del algoritmo Gcap (Zhu y Ben-Zion, 2013) para determinar el tensor de momento de forma automática. El programa Gcap permite disminuir las incertidumbres a partir de separar los sismogramas en segmentos de Pnl y de ondas superficiales. En el paquete de programas de Gcap las funciones de Green son calculadas con la técnica frecuencia-numero de onda. Para evaluar que el programa permita determinar el mecanismo focal para sismos grandes que ocurran en México usando datos locales, se exploró el evento de 2021 (Mw 7). Se determinó el mecanismo focal del evento del 08 de septiembre de 2021 (Mw 7) usando datos de la red sismogeodésica ubicada en la costa de Guerrero. Las estaciones que se invirtieron fueron ACAP, KCDP, ZACU y KCOY, ubicadas entre 13 km a 54 km de distancia. Se obtuvo un mecanismo focal consistente con el reportado por otras agencias sismológicas. Por lo que, este resultado sugiere que es posible obtener el mecanismo focal de forma inmediata usando datos de la red sismogeodésica. Actualmente, se evalúa el uso de esta metodología para sismos pequeños. La implementación del paquete de programas de Gcap permitirá obtener el mecanismo focal de forma rápida para sismos locales en como, por ejemplo, en la Ciudad de México.

SIS-17

USO DE TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA EL ESTUDIO DE LA SISMICIDAD EN EL SURESTE DE MÉXICO

Castro Jorge Daniel y Ortega Roberto

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

castrojd@cicese.edu.mx

En este estudio, utilizamos técnicas de aprendizaje automático para investigar la sismicidad en el sureste de México. En esta región, la sismicidad parece ser extremadamente baja en comparación con el resto del país. La cobertura de estaciones sísmicas también es escasa, lo que podría ser una de las razones de la inusual falta de eventos sísmicos reportados en esta región. Empleamos el algoritmo de redes neuronales como EQTransformer y ConvNetQuake para la detección y localización de sismos. De esta forma podemos detectar y localizar eventos que no están reportados en catálogos, pero sí escondidos en sismogramas. Trabajamos con eventos sísmicos en la península de Yucatán desde 2010 hasta 2022. Además, investigamos la relación potencial entre algunos de estos sismos recientemente detectados y manifestaciones hídricas en la Península de Yucatán desde 2010. Usando un modelo difusivo, intentamos encontrar que algunos de estos terremotos podrían haber sido inducidos por colapsos, manifestaciones de agua y grandes eventos sísmicos en el sur de México.

SIS-18

ROL DE LAS FLUCTUACIONES DE POROSIDAD EN LA PROPAGACIÓN DE ONDAS

Sahay Pratap, Mejía Gabriel y González Josué

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

pratap@cicese.edu.mx

La teoría de la poroelasticidad es la evolución natural del modelado basado en la física de la propagación de ondas en el entorno geológico de interés para la exploración geofísica. Estas formaciones rocosas son invariablemente heterogéneas a una escala mayor que el elemento representativo de volumen perteneciente a un punto material poroelástico. Aunque la teoría de Biot se ha utilizado para analizar medios porosos macroscópicamente heterogéneos, las firmas sísmicas resultantes son sólo aproximaciones, ya que en esta teoría las variaciones de porosidad (y, por tanto, los gradientes de porosidad) no se tiene debidamente en cuenta. Para un medio poroso con porosidad no uniforme (es decir, la porosidad varía de un punto a otro), la teoría de Biot produce una ecuación de flujo estacionario no física. Esto se observa al eliminar los términos de inercia y tomando el límite rígido del frame sólido. Sugiriendo que existiría un flujo, incluso en ausencia de un gradiente de presión del fluido, lo cual es una predicción no física. Así pues, la extensión de porosidad no uniforme está incompleta en la teoría de Biot. Para el caso de porosidad no uniforme, debido a las diferentes cantidades de áreas interfaciales sobre las que actúa la presión del fluido en diferentes lugares, existe una fuerza interfacial neta por unidad de volumen que no se considera en el marco de Biot. Analizamos este caso en un marco en el que la firma macroscópica de la fuerza interfacial está explícitamente presente, lo que permite acomodar dicho término. De este modo, esta teoría tiene en cuenta adecuadamente los gradientes de porosidad mediante la introducción de un término de fuente virtual. Este trabajo presenta el análisis y las consecuencias sobre la propagación de ondas con y sin el término de fuente virtual de gradiente de porosidad cuando el medio tiene una porosidad no uniforme. Para mostrar estas diferencias se realizaron simulaciones realizadas mediante el método de diferencias finitas.

SIS-19

CARACTERIZACIÓN DE ALUDES DE NIEVE POR MEDIO DE SEÑALES SÍSMICAS

Ramírez Vega Karla Guadalupe¹, Flores Márquez Elsa Leticia², Suriñach

Cornet Emma³, Cárdenas Soto Martín⁴ y Chávez Segura René Efraín²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Departamento de Geomagnetismo y Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM

³Department RISKNET Avalanches Research Group- Institut

Geomodels, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona

⁴Departamento de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM

karlup@comunidad.unam.mx

Los aludes de nieve son un tipo de movimiento gravitacional de masa que por su alto grado de peligrosidad ha capturado la atención de muchos científicos, de tal forma que han desarrollado diversas técnicas para analizarlos a partir de las señales sísmicas que generan a su paso. Debido a su peligrosidad, algunas organizaciones y universidades han instalado sensores sísmicos en zonas de prueba diseñadas específicamente para recoger las señales que los aludes generan a su paso, como es el caso de la Vallée de la Sionne. Para poder obtener información de estas señales sísmicas, una de las principales herramientas utilizadas es el análisis espectral, en donde el uso de la transformada de tiempos cortos de Fourier (STFT), las Wavelets y las distribuciones Wigner han mostrado algunas limitaciones debido a la naturaleza de las señales y las suposiciones de linealidad y estacionariedad de la señal. También ha mostrado características importantes de las señales, con ella, se han podido seccionar las señales según la posición relativa entre masa

y sensor y se ha logrado obtener las velocidades del frente de la masa, entre otros parámetros dinámicos. En este trabajo se introduce la transformada Hilbert – Huang en el análisis de señales generadas por aludes de nieve, debido a que este método fue desarrollado para analizar datos no lineales y no estacionarios. Esta transformada consiste en una base de descomposición espectral completa y ortogonal, que son las Funciones de Modo Intrínseco (FMI) de las señales, y son las que buscamos describir, así como sus espectros de Hilbert. La ventaja de las FMIs es que permiten una descomposición exacta, que las amplitudes sean positivas y pueden tratar con las características no lineales y no estacionarias de los datos. La transformada consiste en dos pasos, el primero, la descomposición de los datos en un número finito de FMI y el segundo la aplicación de la transformada de Hilbert a cada una de estas funciones. Una modificación a este método es CEEMDAN (por sus siglas en inglés), descomposición empírica en modos por conjuntos completa con ruido adaptativo, que evita la mezcla de modos que el método original presenta y es la usada en el presente trabajo. En las señales de aludes de nieve analizadas, los modos obtenidos hasta ahora nos han permitido ver comportamientos similares entre las FMIs de los diferentes tipos de aludes de nieve y sus características específicas de amplitud y frecuencias en el espectro de Hilbert.

SIS-20

INTRODUCCIÓN DE LA TÉCNICA DISTRIBUTED ACOUSTING SENSING (DAS) PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS

Zúñiga Dayna y Mathieu Pertion
Instituto de Ingeniería, UNAM
dayna.geofisica@gmail.com

RESUMEN Generalmente, para conocer los efectos de amplificación de las ondas ante la llegada de un sismo, son utilizados los métodos sísmicos convencionales que nos brindan las propiedades dinámicas del suelo en análisis. Sin embargo, en ciudades muy desarrolladas, como la Ciudad de México, la exploración sísmica con los métodos convencionales puede ser difícil de ejecutar debido a la gran cantidad de edificaciones construidas. Además, estos métodos conllevan tiempos de medición más altos al necesitar instalar cada punto de medición (geófonos, por ejemplo), también, cada tendido sísmico tiene una longitud continua limitada y la distribución de puntos de medición tienen grandes separaciones en comparación con la técnica DAS (Distributed Acousting Sensing). Esta técnica convierte una fibra óptica en miles de sensores capaces de obtener mediciones sísmicas. Permite la medición en miles de puntos a lo largo de la fibra óptica, incluso debajo de las grandes edificaciones existentes. De forma que habría una gran certidumbre en la caracterización sísmica de la Ciudad. Esta metodología funciona inyectando pulsos láser en una fibra óptica y se analiza la luz retrodispersada. Para este trabajo se utilizó la información de diferentes sismos, con diferente magnitud, hipocentro y mecanismo de ruptura. Considerando que el periodo de obtención de datos fue del mes de mayo de 2022 a julio de 2023, el sismo de mayor magnitud del que se tiene información con esta técnica es el ocurrido el 19 de septiembre de 2022 (Mw= 7.7). Para cada una de las estaciones se obtuvieron las deformaciones máximas debidas al sismo y fueron comparadas con las zonas de aceleraciones máximas reportadas por la red acelerométrica del Instituto de Ingeniería (ii). El objetivo de este trabajo es introducir el uso de las deformaciones horizontales obtenidas mediante la técnica DAS para el diseño por sismo de las estructuras.

SIS-21

TÉCNICA DE "DATA AUGMENTATION" PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE SISMOS LOCALES CON DATOS DAS

Ortiz Ávila Alfonso¹, Pertion Mathieu¹, Iturrarán Ursula¹ y Spica Zack J.²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²University of Michigan
alfonsoortizavila@comunidad.unam.mx

El objetivo del presente trabajo es de poder mejorar la detección de sismos locales en la CDMX registrados por la técnica DAS gracias al aprendizaje automático. La técnica DAS convierte fibras ópticas de telecomunicación no usadas en miles de sensores sísmicos. Gracias a técnicas de detección usual, hemos podido detectar una centena de sismos locales. No obstante, los algoritmos de aprendizaje, en particular los supervisados, requieren de grandes conjuntos etiquetados para entrenarse y el número de sismos detectados es insuficiente. Para aumentar virtualmente la base de entrenamiento etiquetado, presentamos varias técnicas de Data Augmentation adecuadas a la naturaleza física del problema. Los primeros resultados demuestran la detección de sismos de poca amplitud perdidos en un el gran ruido ambiental de la ciudad y también de eventos similares pero generados por fuentes móviles.

SIS-22

SISMOS LOCALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO OBSERVADOS CON LA TÉCNICA DAS

Perton Mathieu¹, Ortiz Ávila Alfonso², Spica Zack J.³, Sánchez Sesma Francisco José¹, Iturrarán-Viveros Ursula² y Escobar Maya Leobardo⁴

¹Instituto de Ingeniería, UNAM
²Facultad de Ciencias, UNAM
³University of Michigan
⁴DGTIC, UNAM
mathieu.perton@gmail.com

Realizamos mediciones DAS durante más de un año en la Ciudad de México. Esta ciudad, construida sobre un antiguo lago, es famosa por la extrema amplificación del movimiento del suelo cuando llegan sismos de subducción originados a varios cientos de kilómetros de distancia. No obstante, la Ciudad de México también es escenario de repetidos enjambres sísmicos locales. La compleja estructura de velocidades del subsuelo hace compleja la localización de los sismos locales, principalmente porque los arribos más energéticos no corresponden a ondas P o S directas. Presentaremos las varias estrategias que empleamos para detectar estos pequeños terremotos registrados a lo largo del arreglo DAS y ocultos en el ruido urbano. Mostraremos que la alta densidad de mediciones proporcionada nos permite identificar fases sísmicas inusuales, como ondas cónicas u ondas de cabecera que llegan antes de la onda P directa. La compleja estructura de velocidades en las cuencas también promueve la generación de varias llegadas antes de la onda S. Con base en simulaciones, mostraremos cómo usar estas llegadas exóticas para ubicar mejor las fuentes de estos terremotos locales y evaluar patrones detallados de amplificación sísmica en la cuenca de México.

SIS-23

TOMOGRAFÍA DE RUIDO AMBIENTAL DEL SUR DEL VALLE DE MÉXICO MEDIANTE INVERSIÓN CONJUNTA DE COCIENTES HV Y CURVAS DE DISPERSIÓN MULTIMODAL

Ramos Avila Valente, Perton Mathieu, Ramírez Guzmán Leonardo y Aguirre González Jorge
Instituto de Ingeniería, UNAM
valente_rav@hotmail.com

Debido a que la ciudad de México se encuentra asentada sobre una cuenca con sedimentos blandos arcillosos y depósitos volcánicos, el movimiento del suelo debido al paso de sismos es fuertemente amplificado tanto en amplitud como en duración. Caracterizar con detalle los espesores y las propiedades mecánicas de las diferentes capas del subsuelo es entonces fundamental para reducir el peligro asociado. No obstante, esa caracterización es compleja debido a los altos contrastes e inversiones de propiedades. El presente trabajo mostrará el resultado de una tomografía de velocidad elástica del Sur de la ciudad, en la zona de Xochimilco, con datos de ruido sísmico ambiental grabados en 84 puntos de medición. Para poder capturar la complejidad del subsuelo, hemos empleado una inversión conjunta de curvas de cocientes espectrales HV y de curvas de dispersión multimodales de ondas de Rayleigh y de Love. El modelo alcanza una profundidad de 700 metros e involucra al menos 40 capas, con capas muy delgadas en la parte superficial.

SIS-24

VARIABILIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS SÍSMICAS EN EL VALLE DE MÉXICO

Aguilar-Velázquez Manuel J.¹, Tago Josué², Pérez-Campos Xyoli³ y Villafuerte Carlos⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Facultad de Ingeniería, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
⁴Laboratoire de Géologie, Ecole Normale Supérieure
manuel.aguilar.411@gmail.com

Los grandes sismos han afectado a la Ciudad de México a través de los años, lo cual ha motivado a la comunidad sísmológica a entender las causas del comportamiento anómalo de las ondas en nuestra metrópoli. Diferentes estudios han propuesto que la compleja estructura cortical bajo el Valle de México puede influir significativamente en la ocurrencia de este fenómeno. En este trabajo se presenta un nuevo modelo de velocidades, en 3-D y alta resolución, obtenido a partir de la inversión conjunta de funciones de receptor y curvas de dispersión (VMRFDC). También se mencionan algunas correlaciones entre éste y características tanto geofísicas como geológicas reportadas en la literatura. Adicionalmente, se calcularon funciones empíricas de Green (FEG) utilizando las tres componentes (HHZ, HHN y HHE) de ruido sísmico registrado en sismómetros dentro del Valle de México. Un análisis de la transformada de forma de onda continua (CWT) sobre las FEG sugiere que existen diferencias en amplitud, fase y tiempos de arribo entre las FEG observadas en las componentes HHN y HHE. Identificamos que estas diferencias ocurren en ~0.2 Hz y que los cambios de fase son de ~0.5 s. Los resultados que VMRFDC revela y estas observaciones sugieren que la estructura es la responsable de estas diferencias.

SIS-25

MEXICO CITY EARTHQUAKE OF 11 MAY 2023 (MW3.2)

Quintanar Robles Luis¹, Krishna Singh Shri¹, Espíndola Castro Víctor Hugo¹, Iglesias Mendoza Arturo¹, Bello Segura Delia Iresine¹ y Arroyo Danny²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

luisq@igeofisica.unam.mx

Local earthquakes in the Valley of Mexico, though small in magnitude, cause great panic in the population living in the epicentral area. Seismicity often occurs in swarm-like clusters. It is concentrated in the northwest part of Mexico City, near Milpa Alta, and in the area of currently-active Popocatepetl Volcano. Although there is no evidence of the magnitude of a local earthquake exceeding 4.2 since 1910, there are several mapped normal faults in the Valley of Mexico exceeding 20 km in length. This emphasizes the need of careful analysis of small earthquakes. Until recently, only a few local earthquakes could be analyzed in detail because of scarcity of seismic instrumentation. Two well-studied events, both of which occurred during swarm-like activity, are: (1) The earthquake of 4 February 1981 (ML 3.3) near Tacubaya; (2) The earthquake of 17 July 2019 (Mw 3.2) in Miguel Hidalgo delegation which produced PGA of ~0.3 g at the epicenter, the highest ever recorded in the city. On 11 May 2023 a local earthquake, during a swarm-like activity, was felt very strongly in the western part of the city (Mixcoac, San Angel, Coyacac). PGA at the closest station was ~0.18 g. It was located south of the 2019 earthquake sequence, most events occurring within 1 km of the 1981 cluster. Moment Tensor inversion of bandpass filtered (0.08 – 0.24 Hz) displacement records yields $M_0 = 6.8 \times 10^{13}$ N-m (Mw3.2), $H = 0.7$ km, and the likely fault plane with $\# = 2700$, $\# = 760$, $\# = -750$. Spectral analysis of recordings at 19 sites in the hill zone, 14 in the transition zone, and 41 in the lake-bed zone reveals great variability in the ground motion within each of the zones. Estimated $\#$ is 0.5 MPa. There is a large disparity between observed and theoretical source spectra which may be attributed to site effect. Predicted PGA and PGV for an Mw 3.2 earthquake, computed using stochastic technique, assuming a Brune $\#$ -2 source and $\#$ = 0.5 MPa, and including the site effect, are in reasonable agreement with the observations. Expected PGA and PGV at the epicenter of a postulated Mw 5 earthquake ($H \sim 1$ km) are 0.6 g and 60 cm/s at a typical hill site; at lake-bed site the expected values are twice as large.

SIS-26

VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ATENUACIÓN DE LA ONDA S DURANTE LA SECUENCIA SÍSMICA DE L'AQUILA (2009), ITALIA CENTRAL

Castro Escamilla Raúl Ramón¹, Colavitti Leonardo², Pacor Francesca³, Lanzano Giovanni², Sgobba Sara² y Spallarossa Daniele⁴

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Italia

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Milan

⁴Università degli Studi di Genova, DISTAV, Genova, Italy

raul@cicese.mx

Investigamos posibles variaciones del parámetro de decaimiento espectral kappa antes y después del sismo de abril 6, 2009, de L'Aquila (Mw 6.1), de la región central de Italia. Con este propósito analizamos premonitores que ocurrieron 10 días antes y grupos de réplicas que ocurrieron en periodos de 10 días, y uno, tres y seis meses después del evento principal. Seleccionamos sismos con magnitudes $M_w > 3.2$, registrados por la red densa de sismógrafos de Italia central, y dentro de un radio de 20 km del epicentro del sismo principal de L'Aquila. Separamos las contribuciones de kappa cerca de la fuente, a lo largo de la trayectoria y cerca del sitio de registro de cada grupo de eventos analizados y detectamos significantes variaciones temporales de este parámetro de atenuación de la onda S. Diez días antes del evento principal kappa a lo largo de la trayectoria tiene valores bajos, esto probablemente está relacionado con la acumulación de esfuerzo tectónico. Durante el sismo principal kappa aumentó y permaneció constante en tiempo en un radio de 40 km del epicentro del evento principal. A distancias mayores la atenuación de las ondas S empezó a disminuir durante los siguientes tres meses después del evento principal. Diez días antes del evento principal los premonitores, localizados al sur, muestran un incremento en la atenuación cercana a la fuente hacia el noreste, en la dirección del sismo principal. Estos cambios espaciales de kappa están probablemente relacionados con flujo de fluidos de la corteza en esa dirección. Durante los primeros 10 días las réplicas se concentraron alrededor del sismo principal y muestran valores altos de kappa cerca de la fuente y que tienden a disminuir hacia el sureste. Después de tres meses del evento principal la atenuación regional parece regresar a su valor original bajo de kappa cerca de la fuente. Concluimos que investigaciones sobre la variación temporal del parámetro de decaimiento espectral kappa proporciona importantes claves para el monitoreo del ciclo sísmico en la región central de Italia.

SIS-27

TOWARDS AN ENGINEERING PARAMETRIZATION OF SOURCE-DIRECTIVITY: AN APPLICATION CASE TO CENTRAL ITALY

Colavitti Leonardo, Lanzano Giovanni, Sgobba Sara y Pacor Francesca

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milan, Italy

leonardo.colavitti@ingv.it

Correctly assessing the spatial variability of seismic shaking in the epicenter area is a major challenge to be addressed in seismic hazard estimates and ground motion scenarios generation. Among the different contributions causing the azimuthal variation of the shaking, the source directivity plays a key role. Directivity effects, related to the features of rupture propagation along a finite fault, can produce ground motion amplifications in wider or narrower frequency ranges. The aim of this work is to build a fully data-driven directivity model that can be used to predict seismic ground motion, using a few number of independent parameters. Our study is focused on the target area of Central Italy, which has been hit by several seismic sequences in the last 20 years, and lies in a complex system of normal faults. The used dataset is composed of almost 30,000 seismic recordings of 456 events in the magnitude range from 3.4 to 6.5 within the time frame 2008-2018. We calibrated a non-ergodic ground motion model for the ordinates of the 5% acceleration response spectra and then, for each event, we analyzed the aleatory component, corrected for systematic source, site and path effects. We observed that about one third of earthquakes exhibits a clear azimuthal pattern and frequency dependence, representing the signature of source directivity. Although the empirical curves show a large variability, they can be represented by a first-order Gaussian function, whose statistical parameters can be related to the maximum directivity amplitude (n_{max}), its corresponding frequency (f_{nmax}) and bandwidth (D_f). We have developed simple relationships for these parameters: while the strength of the directivity cannot be known in advance, we find that its corresponding frequency is inversely proportional to the magnitude and the bandwidth is directly proportional to the strength of the directivity. Preliminary results show that shaking scenarios in Central Italy can be generated including directivity contributions using non-ergodic ground motion models, once that the direction of rupture propagation and the level of source directivity is assumed a priori. A future perspective of this work could be to extend the method into different tectonic contexts where we have a huge amount of recordings available and different styles of faults.

SIS-28

THE FURTHER PROJECT: THE ROLE OF FLUIDS IN EARTHQUAKE OCCURRENCE IN THE SOUTHERN APENNINES (ITALY)

Di Luccio Francesca

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milan, Italy

francesca.diluccio@ingv.it

In the Apennines, where the fold-and-thrust belt separates a western area of diffuse CO₂ release from an eastern non-degassing foreland, the role of fluids in the preparatory phase of moderate magnitude destructive shocks and in modulating the evolution of the seismicity has been documented. However in the southern Apennines the temporal linkage between Earth degassing and seismicity is not fully explored due to the lack of long-term and high-frequency series of observations, although the spatial correlation between earthquake occurrence and geochemical anomalies is well established. In October 2020, a multidisciplinary research started to investigate the role of fluids in the seismogenesis of the southern Apennines natural laboratory at different length scales. Our study aims to address a few challenging questions such as what is the interplay of seismicity and fluid migration/circulation, how does the 3D seismic structure of the southern Apennines change with/accommodate the deep CO₂-rich fluid discharges during moderate-large earthquakes. In this project, scientists from different fields of the Earth Sciences are collaborating to advance the understanding of the geodynamic processes and thus contribute to reducing the impact of natural disasters in the Apennines where destructive shocks have occurred. The interplay of fluids, active structures and seismicity will thus be explored at the local and regional scales by imaging the seismic structure beneath the southern Apennines. At the geosphere scale, anomalies in ionospheric and climatological parameters will be statistically analyzed to investigate the possible relation with the large magnitude earthquake occurrence. To probe the relationship between fluids and seismicity, we are producing a space-time database which includes: - Seismic data. A high-resolution seismic catalog is created to provide an indication of the high pore fluid pressure zones and pore-pressure changes in the crust. Seismic waveforms are used to obtain high quality 3D-images of seismic velocities and densities, seismic discontinuities, and subsurface features, from the shallow crust to the upper mantle at local and regional scales. Kinematic and dynamic properties of the seismic source are also investigated to further understand the role of fluids in the earthquake nucleation process. - Hydrological data. Hydrological changes affecting the dynamics of the hydrothermal systems, water supply, hydrocarbon migration, integrity of underground storage and pore-pressure triggered seismicity are examined in light of past earthquakes. - Geochemical data. Groundwaters and gas emissions are systematically monitored. - Geodetic data. Regional transients and periodic strain variations are correlated with local geophysical processes. The full 3D time series of station positions allow us to correlate strain variations with fluid flow. - Geospace data. Seismic, atmospheric and satellite (magnetic field and plasma density) data

are merged to study the coupling of different geolayers before intermediate-large earthquakes. The project will achieve significant outcomes on the mechanisms of deformation and evolution of the crust and upper mantle and Earth degassing as an interconnected system thus contributing to understanding the coupling among the solid Earth dynamics, the hydrosphere and the atmosphere, including climate. (<https://progetti.ingv.it/en/further>)

SIS-29

INSIGHT INTO EARTHQUAKE SOURCE PROCESSES FROM MOMENT TENSOR CATALOGS

Rösler Boris

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

info@boris.net

Analysis of moment tensor catalogs gives insight into general properties of many earthquakes beyond what can be obtained by studies of individual earthquakes and allows estimating uncertainties in the determination of seismic source processes. Traditionally, uncertainties in moment tensors are derived from the misfit between observed and synthetic waveforms. However, the differences between moment tensors in the USGS and the Global CMT Project catalogs are typically an order of magnitude larger than the reported errors, suggesting that the reported errors substantially underestimate the uncertainty due to different inversion procedures. Differences between double-couple (DC) components decrease with magnitude, and correlation between non-double-couple (NDC) components increases, suggesting that seismic sources of large earthquakes are determined more reliably. A dataset compiled from three global and four regional catalogs shows that NDC components are essentially independent of magnitude for earthquakes over a large magnitude range, with a mean deviation from a DC source of about 20%. Additionally, there is essentially no difference in NDC components between earthquakes with different fault mechanisms and in different geologic environments. This consistency indicates that most NDC components, especially for smaller earthquakes, do not reflect real source processes and are likely to be artifacts of the inversion. Through comparison of moment tensors from three global catalogs, I find that NDC components of large earthquakes are more reliably determined, and that the largest NDC components are more likely to represent real source processes. The correlation of NDC components in different catalogs allows quantifying the noise contained in them and thus determination which catalog provides the most precise NDC components.

SIS-30

TOWARDS ASYMPTOTIC MODELING OF SEISMIC SURFACE METABARRIERS - TRANSIENT SCATTERING OF A RAYLEIGH WAVE BY A CLUSTER OF SUBWAVELENGTH RESONATORS

Sabina Federico¹ y Argatov Ivan²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Technical University of Berlin

fjs@mym.iimas.unam.mx

A seismic metabarrier (intended for surface waves mitigation effect) is modeled as a cluster of single-degree-of-freedom resonator units deposited on the surface of an isotropic homogeneous elastic half-space. It is assumed that each resonator has a frictionless flat rigid base of diameter much smaller than the wavelength of an incoming surface wave. The slow-motions asymptotic method is applied for constructing the first order asymptotic model of multiple time-dependent scattering of a pulsed Rayleigh wave with respect to the vertical displacements of the resonators (including their rigid bases and inertial elements) and the normal contact forces (time-dependent integral characteristics of the contact reactions beneath the resonator bases). Both the stationary and transient multiple scattering scenarios are considered. The variation of the amplitude reduction factor due to the model parameters variation is studied in detail.

SIS-31 PLÁTICA INVITADA

QUANTITATIVE EARTHQUAKE LOSS ESTIMATES: THE NEW FRONTIER

Wyss Max¹ y Zúñiga F. Ramón²¹International Center for Earth Simulation, Geneva, Switzerland²Centro de Geociencias, UNAM

max@maxwyss.ch

Since 2003 an early focus emerged on estimating earthquake fatalities, injured and financial losses. This new inquiry is not yet practiced by a majority of researchers, even though one might argue it is the most important question in seismology today. No sensitive structures like reservoir dams and nuclear power plants could be built without a detailed seismic hazard analysis specifically focused on the site. On the other hand, the growths of cities near large active faults, do not have their building codes determined by rigorous and specific seismic hazard and risk analyses. This contrast is startling: it seems that where mostly money is at stake, it is mandatory to consider deterministic seismic hazard analyses for construction, whereas where mostly lives are at stake, it is not. I advocate that it should be mandatory for every major city near active faults to have the seismic hazard and risk estimated, so as to

put an adequate local building code and other safety measures in place. To this end, a standard procedure should be defined to assess local earthquake risk for populated areas exposed to earthquake hazards. Also in numerous countries, the population numbers in villages, as well as the locations and sizes of schools and hospitals are not known and some governments refuse to distribute this information, in spite of the fact that it would be for humanitarian purposes. As Open Street Map (OSM) and Open Building Map are beginning to cover the globe, this missing information, essential for first responders in natural disasters, will become available and will contribute to preparing populations at risk to reduce the impact of unavoidable future earthquakes. In the case of Mexico, efforts regarding Loss estimates have mostly focused on places where there was an impact on insurance budgets. This has started to change recently with incipient efforts which need to be pushed forward, so that local urban administrators can be conscientious of their need.

SIS-32 CARTEL

A SEISMOLOGICAL STUDY OF THE MICHOACÁN-COLIMA, MEXICO, EARTHQUAKE OF 19 SEPTEMBER 2022 (MW7.6)

Singh Shri Krishna¹, Iglesias Arturo¹, Arroyo Danny², Pérez-Campos Xyoli³, Ordaz Mario⁴, Mendoza Carlos⁵, Corona Raúl Daniel⁶, Rivera Luis⁷, Espindola Castro Víctor Hugo¹, González-Ávila Daniel¹, Martínez-López Rosario¹, Castro-Artola Oscar⁸, Santoyo Miguel Ángel¹ y Franco Sánchez Sara Ivonne¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM²Universidad Metropolitana, Azcapotzalco³Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM⁴Instituto de Ingeniería, UNAM⁵Centro de Geociencias, UNAM⁶Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM⁷Institut Terre & Environnement Strasbourg (ITES) CNRS/Université de Strasbourg, Strasbourg, France⁸CICESE

krishnamex@yahoo.com

El terremoto de Michoacán-Colima del 19 de septiembre de 2022 (Ms 7.6, Mw 7.6) rompió el extremo noroeste de la interfaz de la placa de Cocos-Norteamérica, causando graves daños en muchas ciudades y localidades en los estados de Michoacán y Colima. El daño se vio exacerbado, aún más, por una gran réplica (Mw 6.7) el 22 de septiembre. El sismo principal se inició debajo de la costa a una distancia hipocentral de 22 km desde la estación sísmica de Maruata (MMIG), donde se registraron aceleración y velocidad máximas del suelo, PGA y PGV, de aproximadamente 1 g y 28 cm/s, respectivamente. El epicentro de la réplica principal se ubicó aproximadamente 30 km al sureste del sismo principal. El modelado de falla finita del sismo principal realizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos revela una propagación de ruptura a lo largo de la dirección hacia el noroeste y produce una caída de estrés estático, σ_{ss} , de 3.7 MPa. Nuestra energía radiada estimada, ER, es de 3.44×10^{15} J, de modo que ER / M0 es de 1.27×10^{-5} , similar a otros grandes terremotos de subducción en México cuyas áreas de ruptura no se extienden hasta la trinchera. Las réplicas del sismo principal de 2022 se superponen a las del terremoto de Colima del 30 de enero de 1973 (Mw 7.6). Los sismogramas Galitzin de los dos terremotos en DeBilt (DBN), Países Bajos, son razonablemente similares, por lo que podrían clasificarse como eventos cuasi-repetidos. Por otro lado, el sismograma DBN del terremoto del 15 de abril de 1941 (MS 7.7), cuya ubicación es poco conocida, pero ocurrió en la misma región, difiere mucho de los terremotos de 1973 y 2022, lo que sugiere un área fuente diferente para el evento de 1941. Un análisis de los registros regionales muestra el efecto de la directividad en el movimiento del suelo y en la relación del movimiento del suelo durante el sismo principal y la réplica principal. La directividad explica la dependencia azimutal observada en las relaciones PGA y PGV, las relaciones espectrales y los espectros de respuesta PGA y Sa (T = 2 s). Debido a la directividad, PGA, PGV y Sa (T = 2 s) en el Valle de México durante el sismo principal y la réplica principal fueron aproximadamente los mismos a pesar de la diferencia de magnitud de 0.9. En CU (el sitio de referencia y duro en la Ciudad de México), PGA y PGV durante ambos eventos fueron aproximadamente 6 cm/s² y 2 cm/s, respectivamente, más bajos de lo esperado para el sismo principal y más altos de lo esperado para la réplica principal.

SIS-33 CARTEL

ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TACANÁ EN 2017 - 2018

Alarcón Pacheco Alan Yair

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

aalarcon.unam@gmail.com

El Complejo Volcánico Tacaná tuvo su origen a partir de dos fases de intrusión: la primera con una edad entre los 29 y 35 Ma y la segunda en un intervalo de 13 a 20 Ma. Posteriormente, el CVT se emplazó dentro de la caldera San Rafael hace aproximadamente 100,000 años. El CVT se conforma principalmente de 4 estructuras: el volcán Chichuj, el volcán Tacaná, el Domo Plan de las Ardillas y el Volcán San Antonio. Una de las consecuencias directas de un volcán activo es la manifestación de diferentes fenómenos (explosiones, VTs, LPs, tremores, lahares, etcétera), mismos que son registrados por sismógrafos de banda ancha y ser analizados posteriormente. Para este trabajo se identificaron principalmente los eventos volcano-tectónicos, consecuentemente se obtuvieron las localizaciones hipocentrales y finalmente, se calculó el valor de la constante b de la Ley de Gutenberg – Richter. La ley de Gutenberg – Richter es una formulación empírica semilogarítmica que permite cuantificar la relación entre la frecuencia y la actividad

sísmica de una región. De acuerdo con Mc Nutt et. al., (2005), para zonas volcánicas, el valor de la constante b puede oscilar entre 1.4 y 3.5, lo que se considera como un intervalo de valores alto. El CVT se encuentra monitoreado por una red de tres estaciones de banda ancha Dichas estaciones tenían una tasa de muestreo de 40 muestras por segundo hasta mediados de junio del 2018. En total, se lograron identificar 13,291 señales asociadas a eventos VTs, de las cuales, solo el 5% pudo ser localizado, esto a consecuencia de la baja tasa de muestreo. Se determinó que hay un incremento de la actividad posterior al sismo del 7 de septiembre del Golfo de Tehuantepec, con un enjambre en el mes de diciembre. Durante el 2018, la actividad volcánico-tectónica se mantuvo a lo largo del primer semestre; posteriormente, se registró un incremento en el mes de junio, misma que disminuyó a partir del mes de septiembre como. La sismicidad localizada se encuentra distribuida principalmente en el flanco Este del CVT: En Sibinal de lado de Guatemala, entre el Domo Plan de las Ardillas y el volcán Tacaná y entre el volcán San Antonio y el Domo Plan de las Ardillas. El cálculo obtenido del valor de b que se obtuvo fue de 2.4. Dicho valor se encuentra dentro del rango para zonas volcánicas. Este valor se le supone como una variación de los sistemas de esfuerzos cuyo origen pueda ser provocado por el movimiento de fluidos como consecuencia del sismo de Mw8.2 en el Golfo de Tehuantepec.

SIS-34 CARTEL

LINKING FAULT ROUGHNESS AT SEISMOGENIC DEPTHS TO EARTHQUAKE BEHAVIOR

Page Morgan¹, Cochran Elizabeth¹, Van Der Elst Nicholas¹, Ross Zachary² y Trugman Daniel³

¹USGS

²California Institute of Technology

³University of Nevada, Reno

pagem@caltech.edu

Fault geometry affects the initiation, propagation, and cessation of earthquake rupture, as well as, potentially, the statistical behavior of earthquake sequences. We analyze 18,250 earthquakes comprising the 2016-2019 Cahuilla, California swarm and, for the first time, use high-resolution earthquake locations to map, in detail, the roughness across an active fault surface at depth. We find that the fault is 50% rougher in the slip-perpendicular direction than parallel to slip. Roughness estimates are spatially variable, and fluctuate by a factor of 8 over length scales of 1 km. We observe that the largest earthquake (M4.4) occurs where there is significant fault complexity and the highest measured roughness. We also find that b -values are weakly positively correlated with fault roughness. Following the largest earthquake, we observe a distinct population of earthquakes with comparatively low b -values occurring in an area of high roughness values within the rupture area of the M4.4 earthquake. Finally, we measure roughness at multiple scales and find that the fault is self-affine with a Hurst exponent of 0.52, consistent with a Brownian surface.

SIS-35 CARTEL

FINITE-FAULT STOCHASTIC GROUND MOTION SIMULATIONS OF THE 12 APRIL 2012 MW 7.0 GULF OF CALIFORNIA MEXICO EARTHQUAKE

Azua Flores Juan Manuel y Castro Escamilla Raúl Ramón

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

juanmazuf@gmail.com

On April 12, 2012, an earthquake with magnitude Mw7.0 occurred at the central part of the Gulf of California (GoC) Mexico, where the North American (NA) and Pacific (PA) tectonic plates form a dextral trans-tensional tectonic plate boundary. Finite fault stochastic simulation algorithms simulate strong ground motions from large earthquakes by summing simulated point-source stochastic ground motion contributions of smaller subdivided cells. This procedure allows the simulation of source-related effects such as rupture directivity. However, finite-fault stochastic simulation algorithms require site-specific calibration to adequately simulate ground motions. Furthermore, only a few recordings of the 12 April 2012 Mw7.0 central GoC earthquake are available at local and regional distances. Therefore, the aim of this study is to calibrate the source parameters using the finite-fault stochastic ground motion simulation algorithms FINSIM (Beresnev and Atkinson, 1998) and EXSIM (Motazedian and Atkinson, 2005) to local and regional S-wave ground motion observations of this large earthquake. To calibrate the algorithms, we used recordings from two stations with the smallest source-site distance (i.e., stations SRIG and NE80, located at 190.6 and 203.1 km, respectively). We used a grid search approach to look for the source parameters that minimized the peak ground acceleration, acceleration Fourier amplitude spectra and acceleration response spectra residuals between observations and simulations. We also visually compared the ground motions duration. We found that a stress drop of 22 bars and a strength factor value of 0.9 best calibrated FINSIM while a stress drop of 27.5 bars, slip percentage of 15%, subfault length of 3.4 km and subfault width of 3.8 km minimized the EXSIM residuals. Then we estimated the S-wave quality factor Q_s for ray paths between the studied event and stations with the next smaller source-site distances (i.e., HSIG, SQX, PPXB and SPIG, located at a distance range between 216.6 to 331.7 km), using the calibrated source-parameters and both FINSIM and EXSIM codes. We found both simulation codes produce similar Q_s -values, with smaller Q_s -values for ray paths that cross the tectonic limit between NA and PA plates, compared with ray paths that cross mainly continental crust. We conclude that both FINSIM and EXSIM codes may be useful on finite-fault stochastic

ground motion simulation since they produce similar results. Our results advance on the understanding of the seismic risk and hazard of the areas surrounding the central-north GoC since calibrated EXSIM and FINSIM finite-fault algorithms may be used to estimate strong-ground motion at areas where no recordings from similar large earthquakes exist while the Q_s factors also advance on our understanding of S-wave attenuation in the area.

SIS-36 CARTEL

THE ROLE OF SEISMIC WAVES ON MULTI-FAULT RUPTURING

González Huizar Héctor¹ y Douilly Roby²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²University of California, Riverside

hgonzalez@cicese.mx

In this study we investigate the role of dynamic triggering mechanisms on the occurrence of multi-fault rupture earthquakes. Multi-fault rupture earthquakes occur when the rupture along a fault propagates into other nearby faults. Recent studies have shown that in some cases of multi-fault ruptures the seismic waves generated by the failure in one of the faults plays an important role in trigger the failure of the subsequent faults. That is, in cases where the distance between the ruptured faults is too large (several faults lengths) so that the slip of the first fault causes static stress changes on the second fault insufficient to promote its failure; the triggering (or at least the weakening) of the second fault by the seismic waves from the first one, is a plausible mechanism. Using numerical models we evaluate the role of seismic wave-related stress in promoting multi-fault ruptures. Specifically, we investigate the potential propagation of a rupture on the San Jacinto Fault onto the San Andreas Fault in California.

SIS-37 CARTEL

EXPLORACIÓN SÍSMICA DE LA LAGUNA DE ALJOJUCA, PUEBLA

Martínez Hernández Diana Carolina, Moreno Cruz Joel y De León España José

Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC

diana.martinez@itsvc.edu.mx

La importancia geológica que precede a la existencia de la Laguna de Aljojuca, ubicada al oriente del estado de Puebla, es de sumo interés dado a que en la actualidad posee un cráter volcánico tipo maar que atrae a muchos turistas y que sin duda se preguntan el comportamiento para que se forme una estructura como esta. El objetivo de realizar un estudio sismológico es caracterizar alguna de las etapas efusivas de su actividad. Existe un interés en su exploración sísmica en cuanto a que el cráter experimenta una historia evolutiva bastante irregular, teniendo fases efusivas con intercalaciones de coladas de lava dacíticas y otras más explosivas como las sucesiones piroclásticas depositadas en sus inmediaciones, identificadas en el registro geológico. Se realizó un levantamiento sismológico utilizando el método de prospección sísmica por el método de refracción (TRS) alrededor de la laguna, obteniendo un perfil consecutivo de 1 km de largo y variado en su profundidad de adquisición dado que existen diferentes materiales expelidos por el volcán que generan un modelo anisotrópico en cuestión. Los modelos resultantes se manifiestan a una profundidad de 400m en el interior del cráter, teniendo en cuenta las condiciones en el terreno se identifican los patrones sísmicos relacionados a las estructuras geológicas preservadas, de acuerdo a su modelo de velocidades. La sísmica activa permitió identificar los diferentes tipos de estructuras asociadas y sus profundidades, mientras que la sísmica activa nos permite generar un modelo estacionario con respecto a la interferencia en las señales de muestreo. Con el modelo adjunto de la tomografía sísmica es de sobresalir la disposición misma de las estructuras a profundidad, lo cual genera un análisis indirecto de las variaciones en las velocidades en las propagaciones de las ondas P y su transmisión en un medio sólido. El modelo pasivo demuestra la interacción de las ondas superficiales con respecto a los materiales no consolidados presentes a profundidades someras y que son bien identificados en superficie como materiales piroclásticos, visualizados en las curvas de fases. Palabras clave: exploración, sísmica, TRS, tomografía, piroclásticos

SIS-38 CARTEL

MODELADO DE LOS DESPLAZAMIENTOS SUPERFICIALES DEL TERRENO DEBIDO A LOS SISMOS

Martínez Cinthia y Esquivel Rubén

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI

cinthia.martinez@inegi.org.mx

Ante las afectaciones que sufre el marco de referencia geodésico debido a la actividad tectónica en diversas zonas de nuestro territorio nacional, surge una imperiosa necesidad para INEGI de cuantificar las deformaciones superficiales que el terreno experimenta debido a los eventos sísmicos. Si bien se emplean registros continuos de estaciones geodésicas y recientemente con técnicas INSAR para calcular los desplazamientos cosísmicos, se reconoce que estas técnicas aportan solo una visión limitada de los efectos globales de los sismos. En respuesta a esta limitación y la escasez de estaciones GNSS disponibles, junto a la necesidad de estimar desplazamientos en las diversas direcciones tanto en la vertical como

horizontales se presenta este trabajo que se orienta hacia la identificación y adopción de enfoques alternativos. Se realiza un análisis basado en los mecanismos focales de los sismos, con el propósito de modelar la deformación superficial. Estos modelos de desplazamientos, calculados mediante el software Coulomb 3.3, se fundamentan en parámetros como la ubicación del epicentro, la geometría de las fallas y la cinemática inherente a cada evento sísmico. Este análisis es validado a través de la contrastación con datos GNSS y las técnicas de InSAR. Este enfoque multidisciplinario, a través de la integración de diversas técnicas de monitoreo, permite obtener una visión integral de las deformaciones superficiales originadas por la actividad sísmica. Los resultados obtenidos no solo contribuyen significativamente a la mejora de la precisión en la estimación de desplazamientos, sino que también dan origen a modelos de deformación más sólidos y confiables. La importancia del presente trabajo realizado se extiende al ámbito del marco geodésico nacional.

SIS-39 CARTEL

LOCALIZACIÓN DE EVENTOS SÍSMICOS CON UNA $M > 4$, OCURRIDOS EN LOS REYES Y PERIBÁN ENTRE OCTUBRE DEL 2022 A MARZO DEL 2023, OBTENIDOS POR UNA RED TEMPORAL INSTALADA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DESPUÉS DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2022

García Castelán Daniel^{1,2}, Aguirre González Jorge², Ramírez Guzmán Leonardo², Vázquez Rosas Ricardo³ y Macías Castillo Marco Antonio²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
danielgarcíacastelan2@gmail.com

La precisión en la localización de los sismos ocurridos en la región cercana al municipio de Los Reyes en el estado de Michoacán, una tarea habitualmente llevada a cabo por el Servicio Sismológico Nacional, puede experimentar mejorada significativa mediante la inclusión y el análisis detallado de los registros sísmicos recopilados por la red semi temporal que abarca una extensa área de Estado, en el periodo del octubre de 2022 hasta marzo del 2023. El Servicio Sismológico Nacional opera tres estaciones activas en el Estado de Michoacán: Morelia, Tancitaro y Maruata. No obstante, para un mayor alcance y comprensión de la actividad sísmica de la zona, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, después del sismo del 19 de septiembre de 2022, instaló una red semi temporal de 16 sismómetros de banda ancha distribuidos en el territorio michoacano, de los cuales cinco se localizaron en las proximidades de los municipios de Los Reyes y Peribán, específicamente en Apatzingán, Tepalcatepec, Los Reyes, Uruapan y Nueva Italia. Originalmente la red semi temporal fue instalada con el propósito de registrar las réplicas del sismo M7.7 ocurrido el 19 de septiembre de 2022. No obstante, se ha observado que este sismo desencadenó una serie continua de movimientos sísmicos en la región adyacente Los Reyes y Peribán, los cuales persistieron por un tiempo. Es relevante destacar que las cinco estaciones mencionadas previamente se encuentran distribuidas alrededor del área donde se manifestó esta actividad sísmica. Dentro de este trabajo, se llevó a cabo una relocalización de las fuentes sísmicas en relación con las ubicaciones previamente determinadas por el Servicio Sismológico Nacional, tomando en consideración las fallas geológicas identificadas en la zona como posibles generadoras de estos eventos sísmicos.

SIS-40 CARTEL

ESTRUCTURA DE VELOCIDADES VS INVERTIDA A PARTIR DE COCIENTES ESPECTRALES DE EVENTOS SÍSMICOS DE ESTACIONES ACELEROGRÁFICAS DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA

Tiempos Joselyn Meliza¹ y Aguirre Jorge²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
joselyn_mts98@outlook.com

Para este proyecto se eligieron 20 estaciones acelerográficas de los estados de Guerrero, Michoacán, Colima, Estado de México y Ciudad de México. Los datos utilizados fueron obtenidos de la base de datos de registros acelerográficos de la RAI-UNAM del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Buscamos caracterizar el efecto de sitio en cada estación usando el mayor número de eventos, pero no fueron usados en su totalidad porque no cumplían con la calidad requerida. Aun así, en muchas de las estaciones utilizamos más de 30 eventos. Siguiendo el método propuesto por Nagashima et al. (2014) se ubicó el inicio de la onda S, a partir de donde se consideraron ventanas de 20.48 s con las que se obtuvieron los cocientes espectrales H/V de cada evento. Los promedios de los cocientes de todos los eventos considerados en cada estación fueron utilizados para la inversión. El método de inversión de estructura de velocidades es un método heurístico basado en algoritmos genéticos y cristalización simulada. Se buscó validar los datos comparando la inversión en aquellos lugares donde se cuenta con la geología de las estaciones de los estados seleccionados. Se tiene como objetivo que los resultados obtenidos de este proyecto sean una aportación a la información contenida en la base de datos de la RAI-UNAM.

SIS-41 CARTEL

SURFACE WAVE TOMOGRAPHY STUDYING OFFSHORE SLAB FRAGMENTS REMNANT FROM FARALLON PLATE SUBDUCTION

Weeraratne Dayanthie, Amodeo Kaitlyn, Rathnayaka Sampath, Escobar Lennin, McGurk Marshal, Ramírez Cristo y Kohler Monica
California State University Northridge, CSUN
dsw@csun.edu

We consider deformation and plate breakup caused by the tectonic process of plate boundary collision between a divergent spreading center a convergent subduction zone. The mid-ocean East Pacific Rise (EPR) spreading center steadily approached the Farallon-North American subduction zone 50-35 Ma because the convergence rates exceeded the spreading rate. The complex history of this region experienced subduction not only of the Farallon oceanic plate, but also subduction of the advancing EPR spreading center, as well as opening and rifting of the Borderlands and Baja. We present preliminary surface wave tomography results that will address an active debate that argues high velocities lithospheric anomalies observed beneath central California are caused by continental delamination versus an oceanic slab fragment remnant from Farallon subduction 35 Ma. We invert Rayleigh wave data obtained from the offshore ALBACORE broadband array and permanent land stations, for 1D and 2D shear wave velocity structure. We solve for shear wave velocities with the best fit between observed and predicted phase velocity data in a least square sense. Preliminary results from seismic tomography images will be presented with coverage in the central California continental margin showing a remnant slab fragment originating offshore and dipping eastward beneath the coastline. We suggest this oceanic slab fragment was caused by microplate capture during the collision of the EPR with the western North American convergent margin, terminating subduction and initiating continental rifting in Baja and in southern California via the San Andreas transform plate boundary.

SIS-42 CARTEL

LOCALIZACIÓN DE EVENTOS SÍSMICOS CON UNA ESTACIÓN MEDIANTE UN MODELO PROBABILÍSTICO COMPUESTO GUIADO POR REDES NEURONALES

Ortega Ruiz Roberto y Meneses-Ponce Cecilia
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
ortega@cicese.mx

Los modelos mixtos gaussianos son una estrategia para combinar diferentes probabilidades y obtener una amplia gama de soluciones. En el contexto de la localización de sismos, el uso de un modelo mixto gaussiano se plantea como una alternativa para aprovechar los resultados de redes neuronales como estados a priori en una inferencia Bayesiana. En este proyecto, estamos desarrollando una arquitectura mixta que combina dos exitosas redes neuronales: ConvNetQuake y EQTransformer. Ambas redes tienen la capacidad de detectar eventos sísmicos, pero tienen objetivos diferentes. ConvNetQuake localiza los sismos en una región sin proporcionar latitud ni longitud específica, mientras que EQTransformer proporciona tiempos de arribo precisos. Tradicionalmente, estos resultados se utilizan en algoritmos tradicionales de localización. En nuestro trabajo, la combinación de ambas redes mediante inferencia Bayesiana son la base para desarrollar un sistema de localización flexible y poderoso, capaz de realizar localizaciones incluso con una sola estación. Una ventaja significativa de nuestro algoritmo es su flexibilidad, ya que mediante el uso de programación probabilística basada en un muestreo Hamiltoniano logramos un enfoque que no nos limita a un algoritmo específico basado en tiempos de arribo. Además, es altamente eficiente, ya que es posible obtener una localización preliminar aceptable en los primeros segundos después de que ocurre el evento. Sin embargo, una desventaja es que es necesario un conocimiento mínimo de la sismicidad de la región para utilizar esta aproximación. El siguiente paso en nuestro proyecto consistirá en llevar a cabo un análisis exhaustivo del rendimiento del sistema, seguido de la publicación de los códigos de cómputo junto con los resultados obtenidos. Además, realizaremos una comparación detallada con los métodos tradicionales de localización sísmica basados en los algoritmos de Geiger.

SIS-43 CARTEL

LA SISMICIDAD DEL AÑO 2021 EN EL BLOQUE JALISCO

Rubio Hernández Ana Cristina¹, Gutiérrez Peña Quiriat Jearim¹, Zamora Camacho Araceli¹ y Espindola Castro Juan Manuel²

¹Universidad de Guadalajara

²UNAM

ana.rubio6777@alumnos.udg.mx

La subducción de la placa Rivera y la parte norte de la placa de Cocos por debajo de la placa Norteamericana es la principal fuente de la sismicidad y vulcanismo en el Bloque Jalisco. Y ya que en esta región han ocurrido uno de los más grandes sismos en México, es de gran importancia el monitoreo de la sismicidad. En este trabajo presentamos la sismicidad ocurrida en el 2021 en el Bloque Jalisco, para ello utilizamos una red local, esta red es el esfuerzo y cooperación de la Universidad de Guadalajara, la UNAM, y Protección Civil del Estado de Jalisco, para el año

2021 disponía de 7 estaciones de banda ancha. Para la detección de los eventos sísmicos analizamos dos meses a mano, para posteriormente calibrar el algoritmo clásico STA/LTA para la detección automática, la lectura de las fases sísmicas la realizamos con SEISAN. Encontramos sismos volcanotectónicos y de período largo en el volcán de Fuego de Colima, indicándonos movimientos del magma; adicionalmente detectamos una gran cantidad de microsismos, los cuales no fueron reportados por el Servicio Sismológico Nacional, estos últimos son de gran interés ya que en otras partes del mundo han servido como precursores para la ocurrencia de un gran sismo.

SIS-44 CARTEL

ANÁLISIS SÍSMICO EN LA REGIÓN NORTE DE SONORA

Espíndola Víctor Hugo y Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 victore@sismologico.unam.mx

En México, la mayor cantidad de sismos de magnitud moderada y fuerte ocurren en la costa del pacífico, sin embargo el norte del país también se ha visto afectado por grandes sismos, cuyos periodos de retorno son grandes. En el norte del estado de Sonora, el evento más notable es el sismo de 1887 en Bavispe, cuya magnitud estimada es de 7.4. Se tienen registros sísmicos de eventos de menor magnitud, como el de 1907 (M5.2) en Colonia Morelos. Actualmente se cuenta con mayor número de estaciones sismológicas de banda ancha, distribuidas en esa vasta región. Si bien el número de estaciones es aún insuficiente para conocer con mayor detalle características sismogénicas; estas aportan información que han contribuido a identificar principalmente gran cantidad de fallas activas, que tienen relevancia por su impacto en las comunidades cercanas. En esta región del norte de Sonora, analizamos la actividad sísmica ocurrida desde 2010 cuyas magnitudes se encuentran entre 3.0 y 5.1, gran cantidad de esta sismicidad corresponden a enjambres que identifican fallas corticales de varios kilómetros de extensión. El más reciente ocurrió, durante el periodo del 13 de marzo al 26 de agosto de 2021, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó una secuencia sísmica con 127 sismos registrados y 74 localizados en la región comprendida entre Caborca y Nacoziari. El sismo de mayor magnitud fue de magnitud 5.1 y ocurrió el 31 de julio de 2021, fue sentido moderado en gran cantidad de comunidades de la región y con mayor intensidad en la Cd. de Nacoziari. El mecanismo focal muestra una falla de tipo normal con orientación NE-SO.

SIS-45 CARTEL

ESTIMACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE VELOCIDAD DE ONDAS S A PARTIR DE LA INVERSIÓN CONJUNTA DE COCIENTES ESPECTRALES H/V Y CURVAS DE DISPERSIÓN DE MICROTREMORES Y SISMOS - CASO DE ESTUDIO: COALCOMÁN, MICHOACÁN

Gallardo Juárez Vanessa Nicole¹, Aguirre González Jorge², Macías Castillo Marco Antonio², Vázquez Rosas Ricardo^{2,3}, Ramírez Guzmán Leonardo², Granados Chavarría Iván⁴ y Romero Velázquez María Gabriela^{2,5}

¹ESIA Unidad Ticomán, IPN e Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra e Instituto de Ingeniería, UNAM

⁵Universidad La Salle

vgallardoj@ingen.unam.mx

Tras el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2022, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, a través de la Coordinación de Ingeniería Sismológica, llevó a cabo la instalación de una red temporal de 15 sismómetros de banda ancha y 2 acelerómetros distribuidos en el estado de Michoacán, así como un sismómetro de banda ancha en Tecmán, Colima; con el propósito de aportar información relevante y confiable acerca del impacto de los sismos en zonas habitadas. El objetivo principal de esta red fue registrar las réplicas de dicho evento, así como también el uso de técnicas de sismica pasiva para analizar los efectos de sitio en las localidades que fueron gravemente afectadas. Aunado a la red sísmica total, también se buscó estimar la estructura de velocidades de ondas de corte en la ciudad de Coalcomán, Michoacán, a través de la medición de microtremores con 8 sismómetros durante un periodo de casi 3 horas, junto con los registros de una estación temporal colocada en las oficinas de Protección Civil de la cabecera municipal de Coalcomán. A partir de estos registros, se hizo su análisis empleando la teoría de campos difusos y la inversión conjunta de curvas H/V y curvas de dispersión de velocidad de grupo. Este arreglo sísmico constó de dos líneas sísmicas, una de dirección NW-SE y otra de dirección SW-NE, donde se instalaron 5 y 3 sismómetros, respectivamente. Del arreglo sísmico en Coalcomán se lograron identificar con claridad 3 sismos, de magnitud 3.6, 3.8 y 3.9; y de la estación fija de la red temporal, en un lapso de 2 meses y medio, se identificaron al menos 30 sismos. El análisis de los datos registrados en el arreglo de Coalcomán mostraron que la actividad antropogénica durante el periodo de grabación influyó en la obtención de las curvas H/V, mostrando poca coherencia en sus frecuencias fundamentales. En este trabajo también se muestran los resultados preliminares de la inversión conjunta de las curvas H/V y las curvas de dispersión.

SIS-46 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA A VIBRACIONES EN EDIFICACIONES

García Enríquez Mauro Miguel de Jesús, Lázaro Bosques Brenda Berenice y Rodríguez González Miguel
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 mgarciaen@ingen.unam.mx

Las vibraciones que perciben los seres humanos dentro de edificaciones, que pueden deberse a múltiples factores, es un tema de seguridad y confort, puesto que, se tiene evidencia que una continua exposición a dichas vibraciones tiene repercusiones que pueden ir desde disconformidad, hasta problemas de salud como mareos, problemas estomacales, dolor de cabeza, etc. Y es debido a lo anterior que, diferentes países han creado sus respectivas normas donde establecen directrices para las técnicas de medición y criterios de evaluación para las vibraciones en diversas situaciones. En este contexto, es en donde los autores de este texto se encuentran realizando rutinas para automatizar las secuencias de procesamiento de datos comparados con estándares internacionales, donde los de registros de aceleración son comparados con la norma británica BS 6472, obteniendo un valor de dosis de vibración (VDV) y para el caso de registros de velocidad son comparados con la norma alemana DIN 4150, obteniendo un valor máximo de severidad de vibración (KBfmax). Se ha trabajado en la elaboración de estas rutinas, estando ya en la fase final de su desarrollo. Pues además se pretende que éstas últimas, contribuyan a generar resultados que sirvan a los usuarios afines al tema proporcionando gráficos indicativos, generados con los registros analizados para la oportuna toma de decisiones. Estas rutinas se pensaron para atender la problemática y contribuir al desarrollo del análisis de vibración en México.

SIS-47 CARTEL

A-POSITIVE: AN IMPROVED ESTIMATOR OF THE EARTHQUAKE RATE THAT IS ROBUST AGAINST CATALOG INCOMPLETENESS

Van Der Elst Nicholas
 United States Geological Survey, USGS
 nvanderelst@usgs.gov

Earthquake rate and magnitude distribution are the fundamental quantities of statistical seismology. Long term rate models inform our hazard and building codes, and short-term models provide situational awareness during aftershock sequences. There is even hope that the temporal evolution of the rate may provide some information about larger earthquakes to come. Earthquake catalogs are at the core of these estimates, but catalogs are imperfect due to both sparse network coverage and to saturation of the network during periods of high activity. Traditional attempts to address incompleteness center on modeling the time-varying magnitude of completeness, but such models are non-unique and introduce additional uncertainty. Here I present a method for estimating the earthquake rate that is insensitive to catalog incompleteness and does not depend on a completeness model. This method is rooted in the assumption that catalogs improve monotonically in time between any two earthquakes and that small earthquakes do not obscure larger ones. I define an estimate for the earthquake rate, 'a-positive,' that is based on interevent times between successive earthquakes where the second earthquake is larger than the first. I show how to use this approach to generate a non-parametric estimate of the earthquake rate and magnitude frequency distribution, as well as a parametric rate estimate using a modified definition of the Epidemic Type Aftershock Sequence model that considers only the time between successive earthquakes. When applied to aftershock data, the improved rate estimate finds essentially no evidence for a plateau in the early aftershock rate, even at the times of the earliest detected aftershocks in a sequence. The early time plateau modeled by the c-value in the modified Omori's law is most likely a statistical feature of the earthquake catalog and is unlikely to encode anything about the aftershock nucleation process.

SIS-49 CARTEL

CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA TEMÁTICA DE LAS ESTACIONES SISMOLÓGICAS DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Zanolli Fabila Betty Luisa, Pérez-Campos Xyoli, Iglesias Mendoza Arturo y Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional
 Instituto de Geofísica, UNAM
 betty@sismologico.unam.mx

La elaboración de cartografía especializada cobra en el Servicio Sismológico Nacional particular importancia, no sólo desde una perspectiva académica, sino específicamente desde un punto de vista operacional y estratégico. Los mapas temáticos se convierten en un elemento fundamental, tanto para el conocimiento de las condiciones geográficas en las que se encuentran ubicadas los observatorios sismológicos, como para la toma de decisiones ante la evaluación de posibles sitios para nuevos observatorios. Con base en lo anterior, la presente participación tendrá como objetivo presentar la caracterización cartográfica temática correspondiente de los observatorios sismológicos del Servicio Sismológico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Sesión regular

VULCANOLOGÍA

Organizadores

Marie Noelle Guillbaud
Mariana Patricia Jácome Paz

VUL-1 PLÁTICA INVITADA

REVISIÓN DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN MÉXICO DURANTE EL HOLOCENO

Macías José Luis¹ y Arce José Luis²¹Instituto de Geofísica, UNAM²Instituto de Geología, UNAM

jlmacias@igeofisica.unam.mx

Documentamos 159 erupciones volcánicas en la literatura que han ocurrido en México durante el Holoceno. El ~63,4 % han ocurrido en estratovolcanes y calderas el ~36,6 % han o ocurrido en campos volcánicos monogenéticos. Las erupciones han aumentado desde el Holoceno Temprano (~17,7%), Medio (~26,8%) hasta el Holoceno Tardío (~55,5%). Cerca de 24 erupciones (~15,6%) han tenido lugar en la época prehispánica e histórica de las cuales 11 ocurrieron durante la Pequeña Edad de Hielo. Estos sugieren que ha ocurrido una erupción cada ~65 años en territorio mexicano durante los últimos 10 ka. En los campos volcánicos han ocurrido 56 erupciones lo que arroja una recurrencia promedio de ~176 años. Estos datos representan un primer esfuerzo para comprender la distribución de la actividad volcánica en el país. En varios volcanes y campos volcánicos (e.g. San Quintín, Baja California) se requiere mejorar la cronología eruptiva con nuevos métodos de fechamiento que permitan datar estas rocas jóvenes con métodos menos convencionales.

VUL-2

EVOLUCIÓN Y ESTRATIGRAFÍA DE LOS PRODUCTOS EFUSIVOS DEL VOLCÁN CITLALTÉPETL DURANTE EL HOLOCENO

Fernández Salvador¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela², Macías Vázquez José Luis³, Avellán Denis Ramón⁴, Cisneros Máximo Guillermo⁵ y Sánchez Juan Manuel⁶¹Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH²CONAHCYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH³Instituto de Geofísica, UNAM⁴CONACYT-Instituto de Geofísica, UNAM⁵Instituto de Geofísica, UNAM Morelia⁶Instituto Politécnico Nacional

salvador9726@gmail.com

El volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba es un estratovolcán activo en estado de quietud ubicado entre los estados de Puebla y Veracruz, y es el punto más alto de México (5,675 m snm). De acuerdo con su historia eruptiva, se trata de un volcán con una edad mínima de 0.65±0.71 Ma que ha tenido eventos volcánicos significativos durante el Holoceno, los cuales han consistido en erupciones explosivas y efusivas. Su actividad más importante es una erupción de tipo Pliniana hace ~9,000 años, y algunos autores establecen un periodo de recurrencia eruptiva de 1,000 años. Es por esto que es necesario tener mayor conocimiento acerca de las erupciones recientes del volcán, y el estudio de los depósitos proximales podría arrojar resultados nuevos acerca de su comportamiento. Al mejorar su cronología y características eruptivas podremos ser más conscientes de la magnitud de los peligros que puede generar el volcán y el riesgo que implica para la población mexicana. Este estudio presenta un nuevo mapa geológico a partir de un análisis morfológico y estratigráfico basado en un nuevo análisis espacial y en trabajo de campo. Hasta el momento se han fechado y descrito en la literatura 44 depósitos explosivos en zonas distales y solo dos efusivos, por lo que este trabajo complementa esta información y se centra en los depósitos efusivos proximales durante el Holoceno. Para poder comprender mejor la historia eruptiva del Citlaltépetl, se fechó cada depósito efusivo (flujos de lava y domos) con los métodos de ³⁸U/²³⁰Th para así construir de manera más precisa la estratigrafía del volcán. Además, por medio de análisis geoquímicos y petrográficos, se obtuvo información de los procesos magmáticos que dieron origen a las erupciones. Con estos resultados podremos mejorar su registro estratigráfico y proponer un modelo de evolución de la actividad efusiva durante el Holoceno, lo cual será un aporte importante para la gestión del peligro y riesgo volcánico en la región.

VUL-3

LA CRISIS DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DURANTE 2023 Y SUS PRECURSORES: MONITOREO DE MULTIPARÁMETROS VOLCÁNICOS

Martín Del Pozzo Ana Lillian¹, Nieto Torres Amiel², Cifuentes Nava Gerardo³, Martínez Alicia⁴, Díaz Cruz Mario Alberto⁵, Sandoval García Mariana⁶, González Hernández Sandra Karina⁷ y Errasti Orozco Marcela⁸

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica²Instituto Milenio de Investigación en Riesgo Volcánico, Ckelar-volcanes, Antofagasta, Chile³Instituto de Geofísica, UNAM⁴Centro Nacional de Prevención de Desastres, Ciudad de México, México⁵Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM⁶Facultad de Ingeniería, UNAM

analil@igeofisica.unam.mx

El Popocatepetl comenzó a mostrar precursores de un aumento en actividad en 2023, dos meses antes del aumento en las emisiones de ceniza que acompañaron periodos de mayor sismicidad. El volcán Popocatepetl ha presentado 8 periodos de crisis desde 1994 que han llevado a las autoridades a incrementar el nivel del semáforo de alerta volcánica en 8 ocasiones (1997, 2000, 2003, 2006, 2012, 2013, 2019 y 2023). En los meses de marzo y abril 2023 se detectó un aumento de B, SO₄ y HCO₃ en los manantiales y dos anomalías negativas en los datos magnéticos, antecediendo la crisis de 2023. Del 16 de mayo al 6 de junio el volcán incrementó su actividad eruptiva. El 22 de mayo, por recomendación del Comité Científico Asesor, las autoridades de Protección Civil aumentaron el nivel de alerta del semáforo de amarillo fase 2 a amarillo fase 3. Se muestreo la ceniza con los captores de la Red de Monitoreo de Ceniza del Volcán Popocatepetl que mantiene el grupo desde 1994 (Nieto y Martín Del Pozzo, 2021). Se realiza el mapeo de la distribución y espesor de la ceniza y se analizan sus componentes (abundancia, forma y tamaño) y se lleva a cabo el análisis textural y geoquímico. Se realiza de monitoreo también de 5 manantiales para detectar cambios en relacionados con actividad magmática. Se mantiene una pequeña red magnética que transmite datos cada 0.5m al Instituto de Geofísica donde son procesados. Estos parámetros se correlacionan con la actividad sísmica del volcán, principalmente tremor. En mayo y junio de 2023 aumentaron las emisiones con ceniza dirigidas hacia el E, provocando abundante caída de ceniza (483,380 a 2,401,793m³) en Puebla, Morelos y Estado de México, lo que provocó la suspensión de clases y otras actividades al aire libre del 22 al 29 de mayo en 40 municipios de estos estados. La dirección del viento cambió hacia el W a finales de junio, provocando caída de ceniza del 30 de junio al 14 de julio en el Estado de México, Morelos y Ciudad de México, en menor volumen que durante mayo y junio. Las cenizas de este periodo se caracterizaron por la presencia de cristales de plagioclasa, líticos vítreos y piroxenos con un alto contenido de material fino (7-63 µm). El SiO₂ varió entre 58.47% y 60.77%. Las cenizas con más cristales y vidrio tienen más partículas finas y mayor contenido en SiO₂. Estas características se asocian a erupciones de emisión constante. Este incremento en la actividad se asoció al ascenso de pulsos de magmanuevos. Este trabajo fue financiado con recursos del proyecto DGAPA-PAPIIT IG101023. -Nieto-Torres, A., Martín Del Pozzo, A.L. 2021. Ash emission from a long-lived eruption at Popocatepetl volcano and mapped respiratory effects. Bulletin of Volcanology, 83(11).

VUL-4

DEPÓSITOS RELACIONADOS CON LA ERUPCIÓN DE TIPO EXPLOSIÓN DIRIGIDA (BLAST) DE LOS 23,500 AÑOS, VOLCÁN POPOCATÉPETL, MÉXICO

Lira-Beltrán R. Marcela¹, Caballero Lizeth², Sourisseau Delphine³ y Ruiz Chavarría Gerardo¹¹Facultad de Ciencias, Departamento de Física, UNAM²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM³Instituto de Geología, UNAM

marcela.lira@ciencias.unam.mx

El volcán Popocatepetl es un volcán compuesto de composición andesítico-dacítica localizado en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano y tiene una elevación de 5,454 msnm. El Popocatepetl ha presentado erupciones explosivas de tipo pliniano (VEI 4-5), por lo que se considera de alto riesgo para las numerosas localidades asentadas sobre sus laderas y zonas aledañas. El volcán se localiza a unos 65 km al SE de la Ciudad de México y a unos 45 km al W de la ciudad de Puebla.

La estructura volcánica actual del Popocatepetl está construida sobre los restos de edificios volcánicos antiguos que fueron destruidos parcialmente por erupciones cataclísmicas de tipo Bezymianny o Santa Helena. Por lo tanto, la historia eruptiva del volcán se caracteriza por ciclos sucesivos de construcción del edificio volcánico seguido por la destrucción parcial o colapsos sectoriales del mismo. La última gran erupción relacionada con un colapso del edificio volcánico ocurrió hace unos 23,500 años, la cual se extendió hacia el SW del edificio actual y produjo grandes depósitos de avalancha de escombros (DAD 1 o Tlayecac Superior), depósitos afines con una erupción lateral (depósito de blast), depósitos de caída de pómez (pómez blanca) y flujos de lava (lava Tochmilco). Siendo el depósito de blast el objeto del presente trabajo. Los depósitos tipo blast pueden afectar áreas de cientos de kilómetros y se pueden alcanzar una distancia superior a los 25 km del cráter, como lo observado en las explosiones dirigidas de los volcanes Bezymianny (Rusia, 1956) y Santa Helena (EUA, 1980). En México, los productos asociados a este tipo de eventos explosivos no han sido descritos con detalle. El área estudiada se localiza entre los municipios de Ecatingo (Edo. México) y Atlixihucán (Edo. de Puebla), donde hasta el momento se han encontrado los depósitos relacionados con un blast. En esta región habitan más de 58,987 habitantes según el Censo INEGI 2020. Hasta la fecha se han visitado 137 localidades o sitios de interés estratigráfico donde se han realizado descripciones de la secuencia eruptiva, secciones estratigráficas y hemos encontrado 37 sitios donde aflora el depósito de blast. Durante las visitas de campo fue posible reconocer el depósito relacionado con la erupción dirigida de los 23,500 años, en localidades donde no había sido descrito con anterioridad y con un espesor superior al reportado en trabajos previos. Por lo anterior, hemos podido reconocer depósitos con espesores superiores a 20 m probablemente relacionados con la explosión dirigida y en una de las localidades a una distancia de 24 km del cráter del volcán. También hemos realizado una estimación de área de dispersión de la erupción dirigida la cual ocupa aproximadamente 337 km².

VUL-5

CATÁLOGOS DE SISMICIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL OBTENIDOS CON MÉTODOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Bernal-Manzanilla Karina¹, Calò Marco² y Martínez Jaramillo Daniel¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

karinabernal@igefisica.unam.mx

El análisis de registros sísmicos es una de las herramientas de mayor utilidad para estudiar procesos internos de volcanes activos y caracterizar el estado de actividad de los mismos. En este trabajo presentaremos catálogos de sismicidad del volcán Popocatepetl correspondientes a un periodo de más de cuatro años, comprendido entre el 2019 y el 2023. La construcción de los catálogos se dividió en dos etapas y en ambas se emplearon técnicas de aprendizaje automático para identificar señales sísmo-volcánicas dentro de registros sísmicos continuos. En la primera etapa se entrenó un modelo clasificador, basado en machine learning estadístico, capaz de discriminar eventos de periodo largo (LP), tremores volcánicos y explosiones. En la segunda fase se empleó un modelo de picado automático, basado en aprendizaje profundo, para distinguir sismos volcanotectónicos (VT). En el caso de los sismos VT también presentaremos la localización de los eventos. Nuestros catálogos reproducen las tendencias reportadas por la agencia de monitoreo del volcán y cuentan con las ventajas de resaltar comportamientos cíclicos e incluir eventos adicionales. Finalmente, mostraremos algunas correlaciones entre la sismicidad y datos satelitales de anomalías térmicas y emisiones de SO₂. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT: IN103823

VUL-6 PLÁTICA INVITADA

SOBRE LA ACTIVIDAD SÍSMICA ASOCIADA AL VOLCÁN SAN MARTÍN TUXTLA, VERACRUZ, MÉXICO

Espíndola Castro Juan Manuel¹, Zamora Camacho Araceli² y Espíndola Castro Víctor Hugo³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro Universitario de la Costa, UdeG

³Servicio Sismológico Nacional, UNAM
jmec@unam.mx

El volcán San Martín es uno de los volcanes más grandes en el campo volcánico de los Tuxtlas (CVT), Veracruz, México. Clasificado como un volcán basáltico de escudo, presentó una erupción explosiva en 1793 y muy posiblemente otra en 1664. En su última erupción y probablemente en la anterior, la actividad inició sin fases premonitorias sentidas por la población y ocasionaron gran pánico afectando grandemente las actividades de las poblaciones cercanas. A pesar de estas circunstancias, no se realiza ningún monitoreo actual del volcán. Para obtener antecedentes sobre las condiciones internas del volcán, presentamos los resultados de los análisis de la sismicidad en el área del volcán. Los registros se obtuvieron de tres estaciones sísmicas de banda ancha desplegadas en la zona y de estaciones cercanas del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y la Universidad Veracruzana. Se registraron alrededor de 60 microsismos con magnitudes de coda de entre 0.2 y 2.4. Algunos de los eventos fueron reubicados con el método de doble diferencia de para precisar su ubicación. Además, se obtuvieron mecanismos focales de nueve de estos eventos que resultaron adecuados para aplicar el método de ajuste de la fase S. Como antecedentes sobre la sismicidad de la región se incluyen los datos del SSN sobre nueve sismos moderados con focos en las cercanías del CVT. Los

resultados son de utilidad para la planificación del monitoreo de la actividad volcánica en el TVF, y particularmente en el volcán San Martín.

VUL-7

ESTUDIO PETROLÓGICO, GEOQUÍMICO Y GEOCRONOLÓGICO DEL VOLCÁN AJUSCO

Malpica Elisa¹, Arrieta Gerardo², Solís Gabriela³, Hernández Teodoro¹ y Schaaf Peter²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

elisa.vianey.n.14@gmail.com

El Volcán Ajusco es un estratovolcán que se encuentra al sureste de la Ciudad de México. Pertenece a la Sierra de la Cruz, provincia geológica que se encuentra dentro de la Faja Volcánica Transmexicana. Está rodeado, al norte por las lavas del Volcán Xitle, al noreste por la Cuenca de Ciudad de México, al sur-sureste por la Sierra Chichinautzin y al oeste-suroeste por la Sierra de las Cruces. Su origen es resultado de la actividad volcánica causada por la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa Norteamericana (Delgado y Martín del Pozzo, 1993). Se conforma por cuatro domos (unidad de lava dacítica La Cruz del Marqués, unidad de lava andesítica Santo Tomás, unidad de lava dacítica Pipixaca, unidad de lava dacítica Pico del Águila), un lahar (Lahar Zacatépétl) y productos de flujos piroclásticos (bloques y cenizas). Todos los elementos que constituyen al Volcán Ajusco son de composición andesítica-dacítica (Romero Terán, 1998). Su mineralogía se constituye de plagioclasa, hornblenda y ferromagnesianos en una matriz de vidrio con microcristales de plagioclasa. Se reporta que su periodo eruptivo inició durante el Pleistoceno Medio (Delgado y Martín del Pozzo, 1993), además de otras edades reportadas de 0.394± 0.155 Ma (Mora et al., 1992) hasta 0.7 Ma (Bremer y Urrutia, 1985), con distintos métodos de datación. En este trabajo se presenta la petrografía de 6 muestras recolectadas en el domo Pico del Águila. Además de datos geoquímicos e isotópicos que permiten plantear la génesis del Volcán y sugerir como ha sido su evolución magmática. Parte de los resultados geoquímicos confirman un origen por subducción del magma. Sin embargo, en los diagramas de REE la ausencia de anomalía para el elemento Eu, genera varias hipótesis para la diferenciación de este magma. Por su parte, los datos isotópicos sugieren una afinidad mantélica para el magma. También se propone un fechamiento (en proceso), por el método 40Ar-39Ar en plagioclasas. Esto ha presentado varios retos, entre ellos la separación de las plagioclasas que en su mayoría presentan inclusiones de ferromagnesianos.

VUL-8

DELIMITACIÓN EXPERIMENTAL DE REGÍMENES DE ACOPLAMIENTO PARTÍCULAS-GAS EN ERUPCIONES VOLCÁNICAS EXPLOSIVAS

Alatorre Ibaranguoitia Miguel Angel¹, De Arcia Paulina¹ y Dingwell Donald B.²

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH

²Universidad Ludwig Maximilians

miguel.alatorre@unicach.mx

El acoplamiento cinético y térmico entre piroclastos y gases es uno de los principales factores que controlan la dinámica de las erupciones volcánicas explosivas. En este estudio realizamos experimentos de descompresión rápida en un tubo de choque a presiones eruptivas (2-11 MPa) utilizando partículas volcánicas monodispersas (tamaño de grano 0.063-1.4 mm). En cada uno de ellos, medimos las velocidades de rarefacción y eyección con el fin de investigar sistemáticamente el acoplamiento de las partículas y el gas. Los resultados son consistentes con un modelo que considera un acoplamiento perfecto solamente para partículas menores a cierto tamaño: ~ 0.125 mm para la velocidad de rarefacción, y ~ 0.5 mm para la velocidad de eyección del frente de partículas, mientras que en ambos casos las partículas mayores estuvieron significativamente desacopladas. Con base en estos experimentos, definimos una parametrización para calcular el número de Stokes cinético (Stk) que permite delimitar los siguientes regímenes de acoplamiento: 1) para el proceso de eyección, las partículas están acopladas con el gas para Stk < 1, mientras que para la rarefacción están completamente acopladas cuando Stk < 0.2; 2) régimen de transición para la velocidad de rarefacción para 0.2 < Stk < 1; y 3) en ambos procesos, las partículas están desacopladas del gas para Stk > 1. Adicionalmente observamos que cuando el número de Reynolds obtenido de la velocidad relativa del gas y las partículas (Rep) es mayor que 10⁴, la relación entre el tiempo necesario para el equilibrio térmico y mecánico aumenta con Rep, por lo que algunas partículas pueden estar acopladas mecánicamente con el gas, pero desacopladas térmicamente. Estos hallazgos representan la primera delimitación experimental de regímenes de acoplamiento cinético y térmico entre partículas volcánicas y gas, y pueden ser utilizados para optimizar modelos multifase de erupciones explosivas.

VUL-9

RED GEOQUÍMICA PARA EL MONITOREO DE CO₂ DEL SUELO Y CO₂ DISUELTO EN EL ACUÍFERO THERMAL - IMPLICACIONES VULCANOLÓGICAS EN LA ISLA DE STROMBOLI, ITALIA

Inguaggiato Salvatore¹, Vita Fabio², Inguaggiato Claudio³ y Cangemi Marianna⁴

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Italia- Via Ugo La Malfa, 153 – 90146

²Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Italia- Via Ugo La Malfa, 153 – 90146

³Dipartimento de Geologia, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

⁴Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania OE, Italia- Piazza Roma 2, 95125
salvatore.inguaggiato@ingv.it

Las explosiones paroxísticas son algunas de las evidencias más espectaculares de vulcanismo en la Tierra provocadas por el rápido ascenso de magma rico en volátiles. Estas explosiones a menudo ocurren en volcanes basálticos en erupción persistente ubicados en zonas de subducción y representan un peligro importante debido a la ocurrencia repentina y al amplio impacto en las poblaciones vecinas. Sin embargo, el reconocimiento de las señales que pronostican estas explosiones sigue siendo un desafío incluso en los volcanes mejor monitoreados. Establecer que las porciones profundas del sistema de los conductos de un volcán se rellenan con nuevo magma rico en volátiles que se intruye desde el manto es, por lo tanto, un factor clave para pronosticar erupciones y ayudar a reconocer posibles precursores de eventos paroxísticos. El volcán Stromboli, Islas Eolias, Italia, se caracteriza por una actividad estromboliana persistente. Es un caso de estudio perfecto para investigar la relación entre la actividad de desgasificación y los eventos paroxísticos. Una red geoquímica casi continua (frecuencia horaria) instalada en la isla Stromboli (cumbre y áreas periféricas) permitió adquirir una gran cantidad de datos de flujo de CO₂ del suelo para investigar y modelar bien el sistema volcánico de plomería. El análisis de un gran conjunto de datos de flujos de CO₂ del suelo recopilados en el área del cráter de la cumbre, de 2000 a 2023, mostró cambios significativos en los valores y el estilo de desgasificación antes y en coincidencia con los principales eventos volcánicos. En particular, los procesos de desgasificación del suelo de cumbres de CO₂ mostraron tres comportamientos principales y peculiares: a. Una modificación de larga duración, caracterizada por un aumento lento y continuo del flujo de CO₂, lo que indica que la presión de los volátiles en el sistema de plomería superficial aumentó con el tiempo; b. Modificaciones transitorias, caracterizadas por cambios abruptos en la tasa de desgasificación de CO₂, que indican muchos pulsos diferentes de magma nuevo rico en gas que llega al sistema de conductos someros; c. Fuerte incremento de la Variación Diaria Natural, destacando cambios drásticos en el estilo de desgasificación, pocos meses antes de los eventos paroxísticos mayores, indicando un fuerte desequilibrio en el delicado balance de entrada y salida de la desgasificación del sistema vulcanico somero. Además estudios recientes, en el marco de el proyecto (FIRST) departamental de INGV, se han enfocado en los procesos de interacción gas-agua que debido a los pulsos de gas profundo determinan un aumento de la CO₂ disuelta en el sistema idrotermal somero. Un sistema de monitoreo en casi continuo (cada 4 horas) de la CO₂ disuelta en un pozo termal (Fulco) de la isla de Stromboli ha sido realizado y nos ha proporcionado 180 datos mensuales que se compararon con el muestreo discontinuo del los pozos termales (frecuencia quincenal). Este sistema de monitoreo con medidas casi continuas de flujo de CO₂ de suelos y de CO₂ disuelta nel acuífero termal nos ha permitido formular un modelo geoquímico del sistema de plomería superficial del volcán Stromboli.

VUL-10

¿LOS ELEMENTOS DE LAS TIERRAS RARAS EN LOS LAGOS CRATÉRICOS HIPERÁCIDOS SON SENSIBLES A LAS VARIACIONES DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA?

Inguaggiato Claudio¹, Pappaterra Sabrina², Rouwet Dmitri³, Peiffer Loic¹ y Levresse Gilles⁴

¹Dipartimento de Geologia, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

⁴Centro de Geociencias, UNAM
inguaggiato@cicese.mx

En los últimos 25 años se ha generado nuevo conocimiento sobre el comportamiento geoquímico de los elementos de las Tierras Raras (ETR) en las aguas hiperácidas, especialmente en los lagos cratéricos hiperácidos de volcanes activos. Estos estudios realizados en varios lagos cratéricos en el mundo, han permitido identificar los principales procesos geoquímicos que son responsables de la concentración y distribución de los ETR, entre los cuales la precipitación y disolución de minerales secundarios como yeso, anhidrita, alunita, jarosita entre otros (Varekamp 2015; Inguaggiato et al., 2018, 2020). Los lagos cratéricos hiperácidos se caracterizan por tener altas concentraciones de sólidos totales disueltos. Estos lagos en volcanes activos pueden ser considerados como una ventana del sistema volcánico profundo, en donde los cambios físico-químicos del agua de los lagos, así como la composición química de los elementos disueltos, son influenciados también desde los cambios de actividad volcánica. Recientemente se realizó un estudio sobre el fraccionamiento de los ETR en el tiempo (2009-2016) en el lago cratérico hiperácido del Volcán Poás, Costa Rica. El agua del lago fue recolectada durante el periodo antes mencionado,

en el cual ocurrieron alrededor de 700 erupciones freáticas. Se identificaron cambios significativos en las concentraciones de los ETR y de los elementos mayores, así como de parámetros físico-químicos en el lago, a lo largo del periodo de observación. La concentración de ETR aumenta al disminuir el pH del lago, así como el contenido de sólidos totales disueltos. Estas variaciones ocurren en proximidad y durante la fase de más alta actividad freática. Específicamente, se identificó un aumento de la concentración de ETR, de la relación La/Pr y una disminución de la relación LREE/HREE, en la fase en la cual aumenta la actividad freática. Durante la fase de aumento de la actividad se identificó también una disminución del pH y el aumento de la temperatura (Pappaterra et al., 2022). Los ETR disueltos en el lago cratérico hiperácido del Volcán Poás se caracterizaron por ser sensibles a los cambios de actividad volcánica y sus variaciones se relacionaron con las variaciones de los elementos mayores y parámetros físico-químicos. Se considera que los ETR son una herramienta geoquímica poderosa para estudiar los procesos de interacción agua-roca. Referencias Inguaggiato, C., Iñiguez, E., Peiffer, L., Kretzschmar, T., Brusca, L., Mora-Amador, R., et al. (2018). REE Fractionation during the gypsum crystallization in hyperacid sulphate-rich Brine: the Poás Volcano crater lake (Costa Rica) exploited as laboratory. Gondwana Res. 59, 87–96. Varekamp, J. C. (2015). The chemical composition and evolution of volcanic lakes. In Volcanic Lakes. Editors D. Rouwet, B. W. Christenson, F. Tassi, and J. Vandemeulebrouck (Heidelberg: Springer), 93–123. Pappaterra S., Inguaggiato C., Rouwet D., Mora-Amador R., Ramírez-Umaná C., González G., Brusca L., Peiffer L., Levresse G. and Bellomo S. (2022). Rare Earth Elements variations in a hyperacid crater lake and their relations with changes in phreatic activity, physico-chemical parameters, and chemical composition: The Case of Poás Volcano (Costa Rica). Front. Earth Sci. 9:716970.

VUL-11 PLÁTICA INVITADA

EVOLUCIÓN DEL CAMPO VOLCÁNICO DE LA CUENCA DEL SERDÁN-ORIENTAL, SECTOR ORIENTAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO; ACTIVIDAD RECIENTE E IMPLICACIONES DE RIESGO

Carrasco-Núñez Gerardo y Cavazos-Alvarez Jaime

Centro de Geociencias, UNAM

gerardoc@geociencias.unam.mx

La Cuenca Serdán-Oriental (CSO), localizada en el sector oriental del Cinturón Volcánico Mexicano, está caracterizada por presentar un vulcanismo predominantemente monogenético de edad Cuaternaria. Está compuesto por cerca de un centenar de volcanes que muestran una amplia gama de estilos eruptivos que varían desde netamente magmáticos hasta freatomagmáticos, tanto efusivos como explosivos, aunque en ocasiones dichos estilos se encuentran alternando. Este vulcanismo incluye conos de escorias, maars, anillos de tobas, domos y flujos de lavas, distribuidos de manera dispersa y mostrando composiciones muy variadas, con una preferencia entre las composiciones andesítico basálticas y riolíticas. Hasta hace apenas unos años se descubrió que la actividad de la CSO es predominantemente holocénica con un aparente incremento en la tasa eruptiva con el tiempo. En su extremo norte, está representado por la actividad efusiva y explosiva, de composición muy variable, que va desde basaltos de olivino hasta traquiandesitas y traquitas, emplazadas tanto a partir del flanco sur como de la parte central de la caldera de Los Humeros. La parte media está representada por el cráter (maar) Alchichica de composición basáltico-andesítica. En el centro predominan los domos riolíticos de Las Derrumbadas y el anillo de tobas Tepexitl, de composición riolítica. Mientras que, en su porción sur, se presentan los cráteres (maars) Tecuitlapa y Aljojuca, de composición andesítico-basáltica. No obstante, existen muchos otros pequeños volcanes con edades holocénicas en el centro y sur del CSO recientemente reportados que, en conjunto, permiten indicar que la distribución espacio-temporal y la diversidad composicional de este vulcanismo no muestran un patrón sistemático a lo largo y ancho de la CSO. Esto permite proponer que toda la zona se encuentra potencialmente activa. Sin embargo, es posible considerar que ciertos parámetros estructurales controlan aparentemente, a nivel regional, el emplazamiento de magma hacia la superficie en tiempos recientes y pueden ser indicadores importantes a considerar para pronosticar su actividad en el futuro. Trabajo financiado por el proyecto PAPIIT IN108923 (DGAPA-UNAM)

VUL-12

CRONOLOGÍA ERUPTIVA DEL CLUSTER DE DOMOS LA NIEVE, REGIÓN ESTE-CENTRAL DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN - GUANAJUATO (MÉXICO)

Avellán Denis Ramón¹, Macías José Luis¹ y Gómez Vasconcelos Martha Gabriela²

¹Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH
denisavellan@gmail.com

Con base en un mapa geológico detallado y una estratigrafía soportada de nuevas edades radiométricas ⁴⁰Ar/³⁹Ar y ¹⁴C, y el análisis químico de roca total, establecimos la cronología eruptiva de los volcanes monogenéticos que conforman el cluster de domos la Nieve. El registro geológico de este cluster de domos establece que al menos 20 volcanes monogenéticos se formaron durante los últimos 4 Ma al suroeste de la cuenca de Cuitzeo, región centro-oriental del campo volcánico Michoacán-Guanajuato. Este cluster monogenético incluye al menos 13 domos de lava, seis flujos de lava y un cono de escoria. Estos volcanes se construyeron

sobre un basamento superficial de vulcanismo regional constituido por la ignimbrita Atecuaro del Mioceno temprano (16.8 Ma). La actividad ocurrida en el Plioceno medio entre ~4 y 3.8 Ma consistió en la construcción del edificio volcánico principal la Nieve. Este edificio volcánico presenta todas las características de un paleo volcán con morfología en escudo pequeño que emitió probablemente un volumen mínimo expuesto de magma de hasta 3.6 km³. Tiempo después, ocurrieron al menos 18 erupciones a pequeña escala, predominantemente efusivas y dispersas en los flancos del volcán en un periodo entre 2.6 Ma hasta hace recientemente 28.2 ka. Por lo que el volumen total emitido fue de 17 km³ y llegó a cubrir un área mínima expuesta de 326 km². Resultando en una tasa de erupción de magma equivalente a 0.004 km³/ka. Todas las rocas asociadas a la construcción del cluster la Nieve abarcan un rango en composición relativamente restringido, desde andesitas enriquecidas en sílice hasta andesita basáltica que varían entre 64.2 a 53.9 % en peso de sílice. Con base en toda la información del registro geológico de la región, hemos atribuido el estilo eruptivo dominante y la ubicación espacio-temporal, a una posible extensión heterogénea en campo volcánico Michoacán-Guanajuato, provocada a lo largo de la zona de falla Huiramba perteneciente al sistema de falla Morelia-Acambay.

VUL-13

DESCUBRIENDO LA RELACIÓN ENTRE EL VOLCÁN PARICUTÍN Y EL VOLCÁN TANCÍTARO

Álvarez Román¹, Rivera-Calderón Elizabeth² y Camacho Miguel³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

roman.alvarez@imas.unam.mx

El Parícutín, volcán monogenético con actividad entre 1943 y 1952 se encuentra pocos kilómetros al NE de la cima del estratovolcán Tancítaro en la Meseta Tarasca de Michoacán. Fechamientos en este último lo sitúan como activo desde 800 ka, con episodios de reactivación hace 439 ka y el surgimiento de un domo fechado en 237 ka; su composición es principalmente andesítica con una elevación de 3840 m y un volumen de ~100 km³, en el que se han producido colapsos en la parte SE del edificio, así como avalanchas de escombros y lahares. El edificio del Tancítaro se encuentra en la intersección de dos sistemas de fallas asociados al graben de Cotija y al graben de Peribán-Los Reyes. Para analizar la relación entre ambos volcanes utilizamos una red densa de estaciones gravimétricas derivadas de observaciones satelitales y terrestres en un área de 25 x 25 km² que los contiene. Utilizamos datos sísmicos obtenidos por el Servicio Sismológico Nacional, México, en el periodo de los últimos 20 años (2003-2023). A partir de los datos gravimétricos obtenemos la anomalía de Bouguer completa en la zona de estudio y con ella efectuamos una inversión 3D que convierte los mGal gravimétricos en distribuciones de densidad en g/cm³; estas distribuciones muestran una amplia región circular de baja densidad correspondiente al Tancítaro, que se extiende sin terminar hasta 9 km de profundidad, que es el calado del modelo. A una profundidad de 4 km bajo la cima del Tancítaro encontramos un mínimo de densidad bien definido, que identificamos como la parte central de una cámara magmática superficial. Sobreponiendo los hipocentros sísmicos a esta distribución encontramos un traslape de varios con la base de lo que consideramos la cámara magmática a unos 9 km de profundidad; esto lo interpretamos como intrusiones magmáticas que generan rompimientos a esa profundidad, que corresponderían a los sismos detectados, lo que a su vez indica que el volcán está activo. También observamos que desde la zona de la cámara magmática superficial emana una región de baja densidad que se extiende al NE a profundidades de 2-3 km, hasta la base del Parícutín en donde se vuelve somera, por lo que inferimos que la actividad del Tancítaro tiene algunas ramificaciones subterráneas, una de las cuales dio lugar a la erupción del Parícutín.

VUL-15 PLÁTICA INVITADA

CHALLENGES IN BLOCK-AND-ASH FLOW HAZARD ASSESSMENT: THE JULY 10-11, 2015 ERUPTION OF VOLCÁN DE COLIMA, MEXICO

Capra Lucia¹, Rodríguez Liñán Gustavo², Torres Orozco Rafael³, Márquez Ramírez Víctor Hugo¹, Sulpizio Roberto⁴ y Arámbula Mendoza Raúl⁵

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Conacyt-Centro de Geociencias

³Universidad Veracruzana, UV

⁴Università di Bari, Italia

⁵Universidad de Colima

lcapra@geociencias.unam.mx

On the 10 and 11 of July 2015 the Volcán de Colima, one of the most active Mexican volcanoes, underwent its largest eruption since the 1913 Plinian event. High mobile block-and-ash flows (BAF) originated from the dome collapse and subsequent extrusion of degassed magma from the conduit. Flows volume and runout were at least an order of magnitude higher (106m³) than the previously observed event, such as the 2004-2005 eruptive episode (105m³), and only comparable with the pyroclastic density currents emplaced during the Vulcanian eruptive phase that preceded the 1913 Plinian eruption. The TITAN2D code is here used to understand the factors that controlled the mobility of the dense BAF undercurrent emplaced during the 2015 eruption. The selection of different input parameters was based on direct observations of the eruption, the seismic record of the BAFs recorded by a 3 broadband station located a few meters from the channel, and considering the

different eruptive mechanisms of the 10 July BAF (collapsing dome) from the 11 July event (boiling over). TITAN2D simulations were also performed in a synthetic flume experiment to identify the role of the channel wall in the mobility of channelized granular flows. The inundation areas of both events were well reproduced. A collapsing pile best fits the 10 July BAF, with an initial spread on the proximal reach and subsequent emplacement along the Montegrande ravine. Instead, for the 11 July BAF, an influx source best reproduced the observed distribution, including the overspilling down the San Antonio ravine at the middle reach, and the final depositional fan. Both events were simulated with the same basal friction angles, meaning similar global rheology, but their mobility was mostly controlled by the initiation mechanism that, in the case of the 11 July BAF, reduced volume partitioning in lateral ravines, enhancing larger runout. Both events were simulated on the same topography, neglecting the important changes in the morphology of the Montegrande ravine after the emplacement of the 10 July PDC. To analyze this effect, simulations in a synthetic flume with variable widths were performed, evidencing the importance of the change in channel capacity (width) in affecting granular flow mobility. The deposit of the 10 July BAF reduced the channel's capacity, increasing its width and decreasing its depth; this new morphology enhanced the 11 June BAF mobility by reducing the interaction of the flow with the channel walls. Deep knowledge of the eruptive mechanism and flow behavior during the 2015 eruption allowed the understanding of the main factors that can control concentrated pyroclastic density current mobility and the limitation of a hazard assessment based only on a single eruptive scenario by tuning an observed eruption only. Based on a multifactor, probabilistic analysis, the results here set the base to improve the hazard zonation for concentrated PDC at Volcán de Colima.

VUL-16

MAPA DE AMENAZA POR LAHARES SECUNDARIOS EN LOS VOLCANES ATITLÁN Y TOLIMÁN, GUATEMALA

Caballero Lizeth¹, Secaira Daniel², Queché Juan Matheo²,
Moncada María², Girón Luis Iván², Ferrés Dolors¹ y Capra Lucia³

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Asociación Vivamos Mejor

³Centro de Geociencias, UNAM

lcaballero@encit.unam.mx

Los volcanes Atitlán y Tolimán forman parte del Arco Volcánico Centroamericano y se encuentran localizados en el borde sur de la caldera de Atitlán. Son dos volcanes vecinos, alineados norte-sur, cuya red de drenaje se encuentra integrada. El volcán Tolimán no ha tenido actividad eruptiva durante el Holoceno, mientras que el volcán Tolimán tuvo su última erupción confirmada en 1856. A pesar de no tener actividad reciente, a partir del año 2000, ocurrieron tres desastres en la zona, en los años 2002, 2005 y 2010, debido a la formación de lahares disparados por lluvias, que sepultaron a los poblados de El Porvenir, Panabaj y Pampojilá respectivamente. La alta frecuencia de estos eventos se debe a las características geomorfológicas y geológicas, como las altas pendientes y la presencia de lavas alteradas intercaladas con depósitos de caída que, asociadas a eventos de lluvia intensa durante el paso de huracanes, generan múltiples deslizamientos que se transforman en lahares, una vez canalizados en el sistema de drenaje de ambos volcanes. Lo anterior motivó el análisis de los eventos de lluvia disparadores y la caracterización de los eventos generados en años recientes para realizar un mapa de peligros. El mapa de peligros se basó en: un análisis de las lluvias disparadoras, un análisis morfológico y de susceptibilidad a deslizamientos y, trabajo de campo para la caracterización de los depósitos de lahar de los eventos recientes y de los encontrados en el registro estratigráfico. A partir de esta información se definieron tres escenarios con base en la magnitud (volumen): El escenario 1, es el de menor magnitud, basado en el evento del 2002 (El Porvenir), con lahares cuyo volumen se encuentra en el rango de 50 mil a 100 mil metros cúbicos. El escenario 2 de magnitud intermedia, basado en el evento del 2005 (Panabaj), con lahares de volumen entre 200 mil y 400 mil metros cúbicos. Finalmente, el escenario 3, de mayor magnitud, con lahares de volumen entre 500 mil y 800 mil metros cúbicos. El mapa resultante y sus productos asociados (informes, infografías, etc.) son fundamentales para la gestión integral del riesgo y la reducción del riesgo de desastres en Guatemala, y son el resultado del proyecto multinacional e interinstitucional "Sistema de alerta y vigilancia ante erupciones volcánicas en Guatemala y difundido en Centroamérica", en el que colaboran la UNAM (México), el INSIVUMEH, la CONRED y la Asociación Vivamos Mejor (Guatemala), con financiamiento de la Cooperación Suiza América Central.

VUL-17

ANÁLISIS TEXTURAL A MICROESCALA DEL LAHAR DE “SAN NICOLÁS” EN EL SECTOR SURESTE DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL (PUEBLA, MÉXICO)

Huerta Alejo Thalía Arcelia¹, Sarocchi Damiano², Caballero García Lizeth³, Dioguardi Fabio⁴ y Nedumpallile-Vasu Nikhil⁵

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

²Instituto de Geología, UASLP

³Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, Italia

⁵British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, UK

huertathalia04@gmail.com

Los lahares son flujos granulares volcánicos altamente destructivos que cada año cobran muchas vidas en todo el Mundo. En el sector sureste del volcán Popocatepetl aflora el depósito del lahar de San Nicolás, que tuvo un alcance de al menos 57 km y tiene un volumen aproximado de 0.040 km³. Este depósito se caracteriza por tener 3 unidades de flujo y componentes relativamente homogéneos consistente en clastos de andesita y pómez en una matriz arenosa de composición similar. Este lahar es ideal para estudiar las variaciones longitudinales de la textura que se desarrolla en depósitos de este tipo. El estudio se ha enfocado en la fábrica de forma, o sea, la orientación que las partículas alargadas adquieren al momento de la deposición. En investigaciones previas, ha sido evidenciado como en Corrientes Piroclásticas de densidad y lahares, las partículas alargadas se orientan con su eje mayor en la dirección del flujo. Sin embargo, Experimentos de laboratorio y observaciones en campo han evidenciado que a veces la disposición puede ser transversal a la dirección del flujo o formar distribuciones bimodales con ángulos de aproximadamente 60° entre las modas principales. Además, se ha observado que verticalmente y longitudinalmente se detectan variaciones en la dirección del flujo y en la intensidad de la iso-orientación. Hay mucho que descubrir todavía acerca de la relación entre el grado de iso-orientación y la reología del flujo, pero un lahar como esto, que se puede seguir longitudinalmente por muchos kilómetros, observando el control topográfico que ha sufrido, puede ser de gran ayuda en la comprensión de estos fenómenos. El estudio ha consistido en la recolección de 24 muestras en 8 afloramientos y a distancias más o menos equiespaciadas. En cada punto se extrajeron muestras en el techo, al centro y en la base del depósito. Cuando el depósito ha resultado suelto, se ha realizado una consolidación por mediodere resinas, aplicadas sea en campo que en laboratorio bajo vacío. Las muestras se recolectaron orientadas de manera que en laboratorio se pudieran reposicionar respecto a los puntos cardinales en laposición originaria. Rebanando las muestras se obtuvieron secciones del depósito que después de ser fotografiadas y segmentadas, fueron analizadas mediante el software FabricS, que realiza estudios de estadística circular y produce diagramas de Roseta. En cada sección fueron analizadas un promedio de 900 partículas. Este estudio preliminar realizado, demuestra, como ya visto en estudios previos, una orientación de las partículas alargadas en la dirección del flujo, evidenciando un fuerte control topográfico sobre el desarrollo de la fábrica de forma. También se ha confirmado que en la parte basal y central del flujo la fábrica que se desarrolla tiene un mayor grado de iso-orientación de las partículas, probablemente relacionado a una mayor tasa de cizalla, mientras que al techo del flujo la iso-orientación es más confusa. El lahar, por su longitud, su volumen y sus numerosos afloramientos constituye un laboratorio natural único para investigar la relación entre la textura y las características del lahar que lo originó.

VUL-18

BRECHAS CO-IGNIMBRÍTICAS LÍTICAS DE REZAGO DE LA CALDERA TIPO GRABEN DE GUANAJUATO

Ubach-Cozatl María Eugenia¹ y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

meubachc@ciencias.unam.mx

La caldera tipo graben de Guanajuato se ubica en el Distrito Minero de Guanajuato, en la parte sur de la Provincia Volcánica de la Sierra Madre Occidental. Se estudiaron las brechas líticas de los principales productos de la caldera, las ignimbritas oligocenas Bufa y Calderones (33 Ma). De las observaciones de campo se tomaron datos a nivel afloramiento de distintos sitios dentro y fuera de la caldera, se coleccionaron muestras para determinar las características texturales de los líticos, y se tomaron medidas y fotografías de los depósitos. En general, las brechas líticas son heterolitológicas, con componentes de unidades inferiores, incluyendo el basamento Mesozoico de la región. Por medio de las fotografías de campo se realizaron análisis de imágenes para determinar tamaño, forma y abundancia relativa de los líticos respecto a la matriz. Dos técnicas fueron empleadas, 1) el método de polígonos con QGIS, y 2) el método de intersecciones de Rosiwal con QGIS. De esta manera, se obtuvieron datos de distribución de los líticos en la ignimbrita, tamaños y abundancia relativa, resultando con un rango de abundancia de líticos respecto a la matriz de ceniza de 11.4 – 74.4 %. Los tamaños varían de 5 a 90 cm de diámetro, con excepción del caso anómalo de las megabrechas del Cerro de Villalpando con bloques de hasta 6 m de diámetro. Al comparar los resultados de ambos métodos mediante una gráfica de correlación lineal, se obtuvo un coeficiente de determinación (R²) de 0.9942, lo que indicó que los resultados obtenidos son válidos para este proyecto. Se confirmó que las brechas líticas estudiadas corresponden a brechas líticas co-ignimbritas de rezago de la caldera tipo graben de Guanajuato,

siendo indicadoras de cercanía a los conductos por donde surgieron las corrientes piroclásticas de densidad que formaron las ignimbritas estudiadas. Este proyecto fue financiado en parte por el Proyecto PAPIIT-DGAPA-UNAM IN-108621.

VUL-19

CARACTERIZACIÓN POR FRXP DE PÓRFIDOS ANDESÍTICOS-RIOLÍTICOS Y TOBAS DEL VOLCÁN MALINCHE EL MUNICIPIO DE CANOA, PUEBLA

Alemán Heredia Sergio Ludwig, Muñoz Máximo Ignacio, Castro Alarcón Ivana Astrid y Martínez Calvo José Andrés

Área de Geociencias Aplicadas DITCO BUAP

sludwingaheredia@hotmail.com

El volcán Malinche juega un rol vital como parte crucial de la zona de recarga del acuífero Valle de Puebla, que actualmente se encuentra en condiciones de alta presión por sobre extracción, que sigue en aumento derivado del incremento de la población y la demanda industrial. El volcán Malinche en la cara Oeste, produce los principales escurrimientos que descienden e infiltran en las numerosas fracturas radiales (barrancas) dispuestas en el edificio volcánico, y que descienden hasta los depósitos de pie de monte, algunas, se prolongan a sistema de barrancas como Xaltonatl y la Pila. Sin embargo, el incremento del cambio del uso del suelo de agrícola-forestal, a uso urbano-industrial, han generando una severa pérdida de la protección del suelo y zona forestal, presionando al bosque a desaparecer y dejar expuestos suelos y rocas que son transportados y degradados a partículas finas (# 150 µm). Además, durante la última década se ha experimentado que algunos grupos de habitantes en las zonas aledañas a las barrancas y bosques, incurran en la práctica no controlada de relleno de barrancas (para su posterior lotificación y venta) y tala de árboles clandestina (para la producción y venta de carbón). La situación anterior, ha favorecido la migración de rocas porfídicas y tobas que sufren una degradación mecánica acelerada durante su transporte hacia las zonas bajas, produciendo una acumulación mayor de terrígenos y sedimentos, que en conjunto con los residuos sólidos urbanos (RSU) no controlados (tirados al interior de barrancas) provoquen cada año el taponamiento del vaso regulador de Puente Negro (que produce grandes inundaciones durante la época de lluvias), pero además, estas partículas desprendidas son transportadas en las zonas de recarga efectiva, desprendiendo elementos potencialmente nocivos para la salud humana (e. g., Boro, Plomo). En esta investigación, se presentan los resultados obtenidos por Fluorescencia de Rayos X Portátil (FRXP) de 50 puntos de muestreo realizados desde la parte alta del volcán Malinche en los límites del Municipio de Canoa, hasta la saliente de la autopista México Puebla. Los estudios se han realizado como parte de un proyecto integral de seguridad hídrica y riesgo geológico, en el área de Geociencias Aplicadas de la Dirección de Innovación y Transparencia del Conocimiento (DITCO-BUAP). Algunos de estos elementos contaminantes identificados, también se han detectado aguas abajo, en el río Alsésica durante una investigación actualmente en curso.

VUL-20 CARTEL

LOCALIZACIÓN DE EVENTOS SÍSMICOS DE PERIODO LARGO (LP) EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Rodríguez García Karina Eloisa¹, Bernal Manzanilla Karina², Caló Marco³ y Chávez Hernández Omar Cristian¹

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

rkary4017@gmail.com

El Popocatepetl es uno de los volcanes más activos de México y de toda la región del Cinturón de Fuego del Pacífico, tiene una altura de 5,452 msnm lo que lo coloca en el segundo volcán más alto de México. Tras su reactivación en 1994, el volcán ha mostrado una gran actividad sísmica, una de las señales más comunes en el volcán son las de periodo largo (LP). Se caracterizan por tener una frecuencia baja con periodos entre 0.2 y 2 s y se registran con un inicio emergente seguido de una fuerte señal armónica que pueden durar de algunos segundos a un par de minutos. Encontrar la localización de las fuentes de sismos LP es de gran importancia en el campo de la sismología y la vulcanología, pues ayuda a entender los procesos internos del volcán y podría proporcionar información sobre sus características estructurales. Los procesos que pueden causar el origen de LP se pueden asociar con el movimiento de fluidos a través de conductos subterráneos, la ascensión de magma hacia la superficie o cambios en el sistema hidrotermal del volcán. Además, los patrones consistentes en la ubicación, los cambios en la frecuencia, la duración y la amplitud de estos eventos pueden ser indicadores tempranos de una erupción inminente lo que podría ayudar a tomar decisiones informadas sobre la gestión de riesgos y la seguridad pública. En este trabajo se presentarán las características principales de los LP registrados en el Popocatepetl por una red de estaciones, así como sus localizaciones obtenidas por diferentes métodos. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT: IN103823

VUL-21 CARTEL

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS DESPLAZAMIENTOS SUPERFICIALES DEL POPOCATÉPETL POR MEDIO DE INSAR

García-Sandoval Cristian Alexis¹, González Ortega Javier Alejandro² y Vargas Bracamontes Dulce María³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³CONAHCYT-Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima
cgarcia38@cicese.edu.mx

El análisis de la deformación es esencial para comprender los procesos internos y externos durante el ciclo eruptivo de la actividad volcánica. La interferometría de imágenes de Radar de Apertura Sintética (InSAR) puede coadyuvar a cuantificarla de manera espacial y temporal. No obstante, los estratovolcanes presentan desafíos particulares debido a la alta correlación en la fase interferométrica causada por diversos factores como: topografía, condiciones ambientales, procesos volcánicos simultáneos, etc. Para abordar estos desafíos, se utilizan metodologías multitemporales, como las Líneas de Base Cortas (SBAS) y la Dispersión Persistente (PSI), que permiten estudiar la deformación lenta y mejorar la relación señal-ruido mediante la generación de series de tiempo. La actividad del Popocatepetl experimentó un aumento a principios de 2022, caracterizado principalmente por la ocurrencia de sismicidad de baja frecuencia y eventos volcano-tectónicos. Seguido de explosiones y emisiones regulares de gas y vapor en los meses subsiguientes. Estos eventos persistieron hasta una transición significativa que tuvo lugar a finales de 2022, cuando se observó un cambio en la cantidad de explosiones y un episodio de mayor actividad entre mayo y junio de 2023, que consistió en la formación y posterior destrucción de pequeños domos de lava en el interior del cráter y una emisión constante de vapor y gas, así como la expulsión de material incandescente. Para llevar a cabo el análisis de los desplazamientos superficiales del Popocatepetl entre 2022 y 2023, se emplearon imágenes SAR adquiridas por el satélite Sentinel-1A en su órbita ascendente T005. Los resultados preliminares señalan variaciones en la velocidad promedio de desplazamiento, las cuales podrían estar relacionadas con los procesos asociados al emplazamiento de los domos. Para complementar estos resultados también se presenta información sobre la sismicidad, las variaciones térmicas y las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) registradas a lo largo de dicho periodo.

VUL-22 CARTEL

ANÁLISIS PRELIMINARES MORFOLÓGICOS, CONTENIDOS MINERALES Y DE COMPOSICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA DEL POPOCATÉPETL: MAYO 2023

Fonseca Moreno Máximo Andrés¹, Kshirsagar Pooja¹, Miranda Avilés Raul¹, Kaur Tejinder² y Moncada-Sánchez Cristina Daniela¹

¹Universidad de Guanajuato, UG

²Departamento de Colegio de Ciencia y Tecnología-UACM
ma.fonsecamoreno@ugto.mx

Los piroclastos emitidos durante una erupción volcánica son el resultado de diferentes procesos magmáticos internos. Estos clastos no solo son fragmentados magmáticos, sino también fragmentos líticos que forman parte del basamento geológico o del magma expulsado previamente solidificado. La ceniza volcánica emitida durante el día 20 al 22 de mayo de 2023 desde el volcán más activo de México, El Popocatepetl, fue recogida desde una zona residencial de San Pedro Cholula, Puebla, que está ubicada al este del volcán. La composición química obtenido por Fluorescencia de Rayos X es traqui-andesita (SiO₂= 58.7 % de peso, Na₂O+K₂O=7.32% de peso), calco-alcalino (MgO=1.64 % de peso y FeOt=5.25% de peso) con un poco de alto-K (K₂O=2.06 % de peso). Los contenidos minerales determinado por Difracción de Rayos X muestra presencia de albita, anortita, augita y espinela (LiFe₅O₈). Los análisis morfológicos de los fragmentos de vidrio (glass shards) por microsonda de barrido indica dominación de fragmentos con paredes de dos burbujas con único límite y de tres burbujas que represente los límites en forma de Y, junto con fragmentos planos transparentes, con superficies lisas y sin grietas. Este tipo de fragmentos de vidrios indican magma silíceas de baja viscosidad con temperaturas > 850°C

VUL-23 CARTEL

DEPÓSITOS DE FLUJOS DE BLOQUES Y CENIZA ASOCIADOS A LA ERUPCIÓN DEL 2015 DEL VOLCÁN DE COLIMA: CARACTERIZACIÓN TEXTURAL Y GRANULOMÉTRICA COMO HERRAMIENTA PARA LA DEFINICIÓN DE LOS MECANISMOS DE TRANSPORTE Y EMPLAZAMIENTO

Hernández Díaz Laura Fabiola y Capra Lucia

Centro de Geociencias, UNAM

lfabiola@geociencias.unam.mx

Los flujos de bloques y ceniza son corrientes de densidad piroclásticas concentradas, generalmente asociada a destrucción de domo y que, en las últimas

décadas, han provocado cientos de muertes alrededor del mundo. Estos flujos son fuertemente controlados por la topografía, sin embargo, su movilidad puede variar dependiendo de la dinámica eruptiva, de las características de los componentes y de cambios en la topografía. La erupción ocurrida en el Volcán de Colima los días 10 y 11 de julio en el Volcán de Colima, representa la actividad de mayor magnitud ocurrida en este volcán durante los últimos 100 años y sus depósitos representan la tipología clásica de flujos de bloques y ceniza. Durante el evento se registraron dos flujos a lo largo de la barranca de Montegrande: el 10 de julio, asociado al colapso gravitacional del domo que ocupaba el cráter del volcán; y el 11, asociado a la rápida extrusión de magma desgasificado que aún se encontraba en el conducto volcánico. Después de 8 años desde la erupción, la erosión ha expuesto secuencias completas que permiten realizar un trabajo más exhaustivo respecto a los previamente publicados. El objetivo de este trabajo es determinar las características granulométrica y texturales de toda la secuencia, así como su distribución en relación con la paleo-topografía, a través de un muestreo vertical y longitudinal a lo largo de toda su extensión. En este trabajo se presenta los resultados obtenidos del muestreo de la zona medio distal. Se levantaron 53 secciones estratigráficas; de las muestras recolectadas se realizaron análisis granulométricos para los rangos de -11 a +4 phi (intersecciones de Rosinál y tamizado en seco) y de +4 phi a 9 phi (sedimentógrafo laser), análisis de componentes y cálculo de parámetros estadísticos. Los resultados obtenidos son relacionados con la distancia desde la fuente, la geometría del canal y la profundidad (base o techo de la secuencia) para una propuesta preliminar de los mecanismos de transporte y emplazamiento y su relación con los mecanismos eruptivos y la topografía.

VUL-25 CARTEL

EVALUACIÓN DE PELIGRO VOLCÁNICO ASOCIADO A CORRIENTES DE DENSIDAD PIROCLÁSTICA EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO TACANÁ

Mendoza Rosas Ana Teresa¹, De la Cruz-Reyna Servando² y Macías José Luis²

¹CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²Instituto de Geofísica, UNAM

tteessii@yahoo.com

El Complejo Volcánico Tacaná (CVT) está ubicado en la frontera entre México y Guatemala. Es un sistema volcánico activo compuesto por tres estructuras volcánicas y un domo caracterizado por una variedad de estilos eruptivos durante los últimos 42 ky. Recientes estudios geológicos mejoraron la estratigrafía y permitieron reconstruir su historia eruptiva, sin embargo, no hay datos suficientes para asignar magnitudes VEI (índice de Explosividad Volcánica) a las erupciones. Para realizar un análisis estadístico de esta información, primero definimos un nuevo parámetro escalado que cuantifica el tamaño relativo o la dimensión de los diferentes tipos de erupciones según el área de dispersión de los productos volcánicos potencialmente dañinos. Esta escala de categorías eruptivas, que hemos denominado Parámetro de Impacto Eruptivo (EIP) está conformada para cumplir con la propiedad ordinal de una escala requerida para realizar análisis estadístico de la secuencia de los eventos volcánicos del CVT. Debido a que no hay certeza de que la serie eruptiva sea completa y estacionaria a lo largo de todo el registro de 42 ky, aplicamos dos metodologías. Primero, analizamos el intervalo censurado más reciente, probablemente completo, caracterizado por eventos EIP 2 utilizando una mezcla de distribuciones exponenciales (MOED) para calcular las probabilidades de erupciones futuras moderadas en este rango EIP. Para analizar la actividad EIP>2, en la que no hay suficiente evidencia para respaldar la completitud durante todo el periodo de 42 ky para todas las categorías EIP, utilizamos un enfoque de valores extremos aplicando un proceso no homogéneo de Poisson-Pareto generalizado (PNHPPG) para estimar probabilidades de ocurrencia y así evaluar la peligrosidad volcánica asociada a erupciones mayores en el CVT.

VUL-26 CARTEL

TRANSICIÓN DEL VULCANISMO POLIGENÉTICO AL MONOGENÉTICO EN EL SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO

Sandoval García Mariana y Martin Del Pozzo Ana Lillian

Instituto de Geofísica, UNAM

marianna.sg@igofisica.unam.mx

En el Suroeste de la Cuenca de México, convergen los grandes complejos de domos volcánicos poligenéticos antiguos de la Sierra de las Cruces y el volcán Ajusco con domos monogenéticos más pequeños de edad intermedia y conos de escoria monogenéticos más jóvenes del Campo Volcánico Monogenético Chichinautzin. En un área de ~15 km² se ha empezado a estudiar cómo fue el cambio en el tipo de vulcanismo. Se identificaron estructuras tectónicas y volcánicas en una imagen satelital Sentinel y un DEM LIDAR. Se hizo trabajo de campo para cartografiar las estructuras, determinar el estilo eruptivo de los volcanes y para tomar muestras. Se hicieron análisis geoquímicos y petrológicos y se definió la temporalidad de los eventos volcánicos. Los resultados de este estudio muestran que la transición entre el vulcanismo poligenético y monogenético fue un cambio progresivo en el tiempo. Los grandes domos poligenéticos se originaron por volúmenes de magma mayores; mientras que los domos pequeños y los conos de escoria monogenéticos se originaron por volúmenes de magma menores y más profundos. Estos magmas sufrieron diversos procesos durante su ascenso como

asimilación cortical, mezcla con otros magmas y diferenciación y también fueron afectados por los cambios en el control tectónico de la zona. El Popocatepetl que es un volcán poligenético activo, también coexiste con el vulcanismo monogenético del Campo Volcánico Monogenético Chichinautzin. Los dos son fundamentalmente de composición andesítica, aunque el vulcanismo monogenético es un poco más máfico (Martin Del Pozzo, 1982; Straub y Martin Del Pozzo, 2001; Straub et al, 2015). El estudio y comprensión de los parámetros que definen la coexistencia de estos dos tipos de vulcanismo es de especial interés porque los dos son activos. El volcán poligenético Popocatepetl se encuentra en erupción desde 1994 y el Campo Volcánico Monogenético Chichinautzin tuvo su última erupción hace ~2,000 años lo que representa un riesgo importante para las zonas aledañas que están tan densamente pobladas (Martin Del Pozzo et al, 2008; Nieto et al, 2023). Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM IG101023. -Martin Del Pozzo A.L. 1982. Monogenetic Vulcanism in Sierra Chichinautzin, Mexico. *Bulletin of Volcanology*. 45-1. -Martin Del Pozzo A. L., González Morán T., Espinasa Pereña, R. and M. A. Butron, 2008. Characterization of the Recent Ash Emissions at Popocatepetl Volcano, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 170, 61-75. -Nieto, A., Martin Del Pozo, A.L., Groppelli, G., Jaimes, M.C. 2023. Risk scenarios for a future eruption in the Chichinautzin monogenetic volcanic field, South Mexico City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 433. 107733. -Straub, S.M., Gómez-Tuena, A., Bindeman, I.N., Bolge, L.L., Brandl, P.A., Espinasa-Pereña, R., Solari, L., Stuart, F.M., Vannucchi, P., Zellmer, G.F., 2015. Crustal Recycling by Subduction Erosion in the central Mexican Volcanic Belt. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 166, pp. 29-52.

VUL-27 CARTEL

VULCANISMO MONOGENÉTICO DEL PLEISTOCENO EN LA REGIÓN DE TLAXCO, TLAXCALA

Esqueda Maldonado Cristal¹, Rangel Granados Elizabeth², Vásquez Serrano Alberto³, Díaz Corte Amelia⁴, Arce Saldaña José Luis³ y Olmos Moya María de Jesús Paulina⁴

¹Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Geología, UNAM

⁴Centro de Geociencias, UNAM

cristal.maldonado@ciencias.unam.mx

La región de Tlaxco, Tlaxcala, se sitúa en el sector oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano. En un área de ~900 km² se encuentran 35 volcanes monogenéticos entre los que se incluyen conos de escoria con y sin flujos de lava asociados, volcanes en escudo, y domos de lava, cuya distribución está controlada por sistemas de fallas normales con orientaciones NE-SW y E-W. En este estudio se caracterizaron dos volcanes en escudo (Soltepec y Cerro Colorado), tres conos de escoria (La Rayuela, Coachapo y San Jerónimo), y tres domos de lava (El Huérfano, Las Flores y Xocho). Los volcanes en escudo presentan formas asimétricas y en ocasiones tienen conos de escoria sobre sus flancos y cimas. La composición química de estos volcanes es basáltica y traquiandesítica basáltica (50.66 y 52.83 % peso de SiO₂ y 4.54 y 5.31 % peso de álcalis) y son de afinidad subcalalina (calcoalcalina). Por su parte, los conos de escoria muestran formas alargadas con cimas suavizadas, se encuentran tanto en la planicie como en los flancos de los volcanes en escudo, y algunos tienen flujos de lava asociados (p.ej., La Rayuela). La composición química de los conos de escoria es basáltica y traquiandesítica basáltica (49.06 a 52.13 % peso de SiO₂ y 4.55 a 5.21 % peso de álcalis), con afinidad principalmente subcalalina (calcoalcalina) y en menor medida alcalina. Finalmente, los domos de lava exhiben formas tipo coulée, aplanadas, asimétricas e irregulares. Su composición química varía desde basáltica hasta andesítica (51.97 a 62.92 % peso de SiO₂ y 4.85 a 6.33 % peso de álcalis) y son de afinidad subcalalina (calcoalcalina). En términos de la petrografía, las rocas de los volcanes monogenéticos son hipocristalinas e inequigranulares, y exhiben texturas porfídicas-glomeroporfídicas, intersticiales (intergranulares e intersertales) y vesiculares. La asociación mineralógica está conformada por fenocristales de olivino, clinopiroxeno, ortopiroxeno, plagioclasa, y glomerocristales constituidos por las mismas fases minerales, los cuales están inmersos ya sea en una matriz de grano-medio con textura intersticial, o en una matriz de grano-fino constituida por microlitos de plagioclasa y vidrio. Además, se fechó por medio del método U-Pb en circones, una ignimbrita dacítica que aflora al nor-noroeste del área de estudio y forma parte del sustrato volcánico local. La edad media obtenida para esta ignimbrita fue de 11.40 ± 0.39 Ma. Esta edad es congruente con edades de trabajos previos para otras estructuras que forman parte de dicho sustrato (p. ej., Andesita El Peñón con una edad 40K/40Ar de 12.7 ± 0.6 Ma). Asimismo, estudios previos sugieren que el vulcanismo en la región de Tlaxco pertenece al Pleistoceno Temprano con edades 40K/40Ar y 40Ar/39Ar de entre 1.5 y 1.0 Ma. Sin embargo, con base en análisis morfológicos, es probable que el vulcanismo en la región de Tlaxco sea más joven (Pleistoceno Tardío-Holoceno) con el emplazamiento del cono de escorias "El Coaxapo" al sureste del área de estudio.

VUL-28 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MAGNETOTELÚRICA DEL COMPLEJO FREATOMAGMÁTICO DE VALLE DE SANTIAGO: EL RINCÓN DE PARANGUEO, GUANAJUATO

Kshirsagar Pooja¹, Ruiz Aguilar Diego², Puy Alquiza María de Jesús¹, Miranda-Aviles Raul¹, Iturbe Domínguez Carolina² y Fonseca Moreno Máximo Andrés³

¹Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingenierías en Minas, Metalurgia y Geología

²Departamento De Geofísica Aplicada, División De Ciencias De La Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

pv.kshirsagar@ugto.mx

Los volcanes freatomagmáticos de Valle de Santiago, Guanajuato forman parte de Campo Volcánico Activo de Michoacán y Guanajuato. La zona está bien estudiada por la geomorfología, geoquímica, geocronología e hidrogeología, sin embargo, faltan estudios que documenten la configuración geológica del subsuelo. En el presente estudio, por la primera vez, aplicamos el método magnetoteléurico en la zona antes mencionada, el cual consiste en el registro en superficie de las variaciones de las componentes ortogonales del campo eléctrico y magnético para inferir la distribución de resistividades en el subsuelo. La resistividad eléctrica es una propiedad física de las rocas que puede asociarse a la presencia de fluidos y/o minerales, por lo que con la aplicación de los sondeos magnetoteléuricos se podrá generar un modelo de resistividades del subsuelo en 3D que se correlacionará con las diferentes estructuras geológicas que puede ayudar a confirmar la posible existencia de una cámara magmática debajo de los volcanes freatomagmáticos, estudiar la configuración de estructuras de diatremas, y analizar la posibilidad de reactivación de vulcanismo en la zona. El volcán que fue elegido para realizar esta investigación es el complejo de Rincón de Parangueo, que contiene un conjunto de cuatro cráteres freatomagmáticos formando un complejo. Elegimos este volcán por su fácil acceso (para realizar los estudios), sus dimensiones y su relación con el fenómeno de la subsidencia. Un total de 10 sondeos magnetoteléuricos fueron adquiridos en junio del 2023, con separaciones entre 1.5 y 3km. Las series de tiempo son procesadas con algoritmos de estadística robusta para estimar las funciones de transferencia. Después de analizar las estimaciones, se procedió a realizar el modelado inverso en 3D de los datos y se obtuvo un modelo de resistividades el cual se correlaciona a las estructuras relacionadas al volcán. Considerando la actividad sísmica del año 2021 en la zona de San Felipe, la propagación de sismos de año 2022 de Michoacán y la preocupación de población del estado sobre nacimiento de un volcán en Guanajuato, el presente proyecto sirve para mejorar nuestro conocimiento de vulcanismo en el estado de Guanajuato en particular en la zona activa de Valle de Santiago.

VUL-29 CARTEL

ESTUDIO DE LA ZONA COLINDANTE AL TANCÍTARO Y SU ESTRUCTURA INTERNA, A PARTIR DE DATOS GRAVIMÉTRICOS SATELITALES

Camacho Miguel¹, Álvarez Román¹ y Rivera-Calderón Elizabeth²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²UNAM

migueltcamacho.geofisica@gmail.com

Los datos gravimétricos compuestos por modelos satelitales han protagonizado una revolución en los métodos potenciales y los estudios geofísicos regionales y tectónicos, debido a que ofrecen una adquisición de datos con un malla regular y una alta resolución espacial, con una amplia cobertura mundial. Además, estos datos son particularmente buenos para destacar estructuras a nivel regional. Es por esto que hemos utilizado datos gravimétricos satelitales de alta resolución para analizar el estratovolcán Tancítaro y la zona circundante, la cual es una zona altamente compleja a nivel estructural y relativamente poco estudiada al estar tan cerca de un volcán tan famoso como el Parícutin. De hecho, el Volcán Tancítaro es el principal edificio volcánico de la zona y la estructura gravimétrica más importante dentro de una zona muy compleja, ya que se encuentra en la intersección de dos sistemas de fallas asociados al graben de Cotija y al graben de Peribán-Los Reyes. En este estudio se utilizaron datos gravimétricos de alta resolución de dos modelos: el modelo EIGEN-6C4, que cuenta con cobertura mundial con una resolución espacial de hasta 1 km, y el modelo GGMplus, con una cobertura total en la zona y que alcanza una resolución espacial de 250 m, respectivamente. Los datos gravimétricos fueron obtenidos a partir de gravedad observada sobre la superficie del geode y corregidos según el estándar gravimétrico de la USGS. Posteriormente, se aplicaron diferentes técnicas de reducción gravimétrica, como la de filtrado espectral, con énfasis especial en las derivadas direccionales, con el fin de destacar las estructuras más importantes en la zona. A través de los datos gravimétricos satelitales, se logró delimitar las estructuras regionales, como los sistemas de fallas asociados al graben de Cotija y al graben de Peribán-Los Reyes. Además, se realizó una inversión gravimétrica 3D con el software Oasis Montaj sobre el estratovolcán Tancítaro, desarrollando una serie de secciones gravimétricas que fueron correlacionadas con datos sísmicos (obtenidos del Servicio Sismológico Nacional) de los últimos 20 años, con el objetivo de develar la estructura interna del Tancítaro.

VUL-30 CARTEL

TRANSFERENCIA ESTÁTICA DE ESFUERZOS EN EL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATOZapién Arroyo Claudia Guadalupe¹ y Vargas Bracamontes Dulce María²¹Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara²CONAHCYT-Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima
claudia.zapien4876@alumnos.udg.mx

El 23 de septiembre del 2022 inició un nuevo enjambre sísmico cercano a Los Reyes de Salgado, Michoacán. Este enjambre se presentó cuatro días después de la ocurrencia del sismo de magnitud 7.7 en Coalcomán Michoacán. Para determinar cómo es la transferencia de esfuerzos estáticos del sismo del 19 de septiembre del 2022 en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) y su relación con la sismicidad registrada, se presentan los esfuerzos de Coulomb calculados a partir del modelo de fuente del sismo, resueltos tanto en las fallas principales donde se han presentado las tendencias en la sismicidad, como en las fallas asociadas con los mecanismos focales reportados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN). Así mismo, con la finalidad de analizar cómo sería la transferencia de esfuerzos estáticos debidos a una posible intrusión magmática en el CVMG, se simulan diques y fuentes esféricas de Okada con la geometría consistente con el volumen de magma que podría haber intruido. En estas simulaciones, los esfuerzos de Coulomb se resuelven en las fallas de los mecanismos focales reportados por el SSN, en las fallas identificadas en las tendencias de la sismicidad y en los planos de falla óptimamente orientados.

VUL-31 CARTEL

HIDROGEOQUÍMICA DE MANANTIALES EN EL ENTORNO DEL VOLCÁN CEBORUCOArmienta Hernández María Aurora¹, Gómez Vázquez Ángel², De la Cruz Reyna Servando¹, Cruz Olivia¹, Aguayo Alejandra¹, Neri Omar¹ y Valderrama Membrillo Sergio²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Centro Nacional de Prevención de Desastres

victoria@geofisica.unam.mx

Por décadas, la hidrogeoquímica ha formado parte de la vigilancia volcánica en México. Se han identificado cambios químicos en manantiales cercanos, previos a incrementos en la actividad del Tacaná, Popocatepetl y De Colima, que han contribuido a la evaluación del peligro. El volcán Ceboruco y el vulcanismo monogenético que lo rodea puede representar un riesgo para una población de decenas de miles. La historia eruptiva del Ceboruco durante el Holoceno comprende diversas erupciones que incluyen el emplazamiento de conos y domos monogenéticos en sus alrededores, la producción de flujos de lavas basálticas a traquidacíticas, la más reciente en 1870-1872, y al menos una fase pliniana (VEI 6), hace un milenio. En octubre de 2005 el Centro Nacional de Prevención de Desastres realizó la primera campaña de muestreo en 7 manantiales localizados a diversas distancias del cráter que continuó anualmente hasta 2009. Este monitoreo, que ha incluido mediciones de temperatura, pH y conductividad in situ, se retomó en 2022 para 5 sitios. Los análisis químicos (iones mayores, sílice, boro, fluoruro) se han efectuado en el Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica, UNAM, y desde hace 2 años también se realizan determinaciones "espejo" en el Laboratorio de Muestras Ambientales del CENAPRED. El pH de los manantiales varía entre 5.9 y 8.0 con conductividades relativamente bajas en la mayoría (170 a 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$) excepto en Uzeta con alrededor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las temperaturas varían entre 20 y 27°C excepto en San Pedro que oscila alrededor de 38°C. Los tipos de aguas son bicarbonatada sódica (en tres manantiales) y bicarbonatada magnésica y clorurada sódica en los otros dos. Las concentraciones de iones mayores no han mostrado variaciones significativas en dos manantiales, pero los bicarbonatos y el sodio se incrementaron en Coapan (3 km al NE del cráter) a partir de 2022, y Sta. Isabel (13 km al NO del cráter) mostró mayores concentraciones de todos los iones (excepto sulfatos) en julio de 2023. El sitio de muestreo del manantial Uzeta se cambió en 2022 iniciando una nueva serie. El boro ha sido un indicador hidrogeoquímico relevante en el monitoreo del Popocatepetl y el volcán De Colima. Los manantiales Coapan y Santa Isabel solamente han presentado boro en noviembre de 2009 y julio de 2023. El boro se ha detectado en casi todas las fechas en Higuera, Uzeta y San Pedro sin observarse tendencias con el tiempo. Las concentraciones máximas para cada manantial han sido de 0.9 mg/L en Higuera en noviembre de 2008, de 1.63 mg/L en Uzeta en noviembre de 2008 y 2009, y de 1.93 mg/L en San Pedro en noviembre de 2008. Boro también se detectó en una fumarola en la pared interior del cráter, en octubre de 2005. La condición de reposo de un volcán como el Ceboruco, con una historia eruptiva que incluye manifestaciones de gran potencial destructivo requiere de un monitoreo continuo y persistente de todos los parámetros que pueden ser precursores, incluyendo el hidrogeoquímico.

VUL-32 CARTEL

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICOS DE LAHARES COHESIVOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CUTIO, VOLCÁN PICO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN MÉXICOGarcía Tenorio Felipe¹, Mendiola López Fabiola² y Vázquez Morales Rosario³¹Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM²Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM³Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, UNAM

tenoriogf@igeofisica.unam.mx

La subcuenca del Río Cutio se ubica en el flanco NW del volcán Pico de Tancitaro, el cuál es un estratovolcán situado en el sector central-occidental de la FVTM. La subcuenca cubre una superficie de 49.5 km² y el río principal, que lleva el mismo nombre, tiene una longitud de 18 km y un desnivel de 1953 m. La subcuenca drena sus aguas desde las cimas del volcán Pico de Tancitaro (a 3295 m snm), y poblaciones como Peribán de Ramos y Corona yacen en las partes bajas de la Subcuenca. Estudios estratigráficos realizados en el río Cutio indican que al menos hay tres depósitos de lahar históricos, nombrados de la base a la cima: A, C y D. Dos de los depósitos C y D tienen una edad menor de 20,000 años (determinada por 14C de materia orgánica encontrada en una capa de ceniza volcánica, capa B, que interstratifica con los depósitos de lahar). Los depósitos son masivos y tienen espesores que varían de 1.5 a 3 m. Análisis sedimentológicos de los depósitos de lahar indican que contienen: Lahar A, 56 % de grava, 44.4 % de matriz de arena-limo, y 5.7 % de fracción de arcilla (de matriz); Lahar C, 72-67 % de grava, 29-39 % de matriz de arena-limo, y de 5.8-8 % de fracción de arcilla (de matriz). Lahar D, 83 % de grava, 16.44 de matriz arena-limo, y 5.4 de fracción de arcilla (de matriz). Sus distribuciones granulométricas son polimodales y sus contenidos de componentes (de un conteo de 1000 puntos) varían de 6 a 72 % de clastos líticos andesíticos con alteración hidrotermal. Considerando el contenido de la fracción arcillosa y las características texturales de los depósitos, se le puede clasificar como depósitos de tipo flujo de escombros cohesivos. La presencia de este tipo de depósitos tienen implicaciones en las áreas fuente de los lahares y los mecanismos de disparo que los formaron, también ponen en evidencia el peligro a que están expuestas las zonas urbanas de las localidades de Peribán de Ramos y Corona, ante eventos de inundación por lahares.

Sesión especial

OLLIN-IGCP669 CENTRAL MEXICO: AMENAZA SÍSMICA EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO: AVANCES EN NEOTECTÓNICA, PALEOSISMOLOGÍA, SISMICIDAD HISTÓRICA E INSTRUMENTAL

Organizadores

Pierre Lacan
Gerardo Suárez
Ramón Zúñiga

SE01-1

CUATRO AÑOS DEL PROYECTO OLLIN 669-IGCP EN MEXICO: FALLAS ACTIVAS Y EVALUACIÓN DE PELIGROS SÍSMICOS EN EL CVTM

Lacan Pierre, Zúñiga Ramón y Suárez Gerardo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
placan@geociencias.unam.mx

El proyecto UNESCO-OLLIN se desarrolló para establecer un nuevo marco de colaboración en América Latina basado en la iniciativa europea Fault2SHA para una mejor integración de los datos de falla en la evaluación del peligro sísmico. Desde 2019, OLLIN estructura y representa una red de 97 colaboradores distribuidos en 15 países de América Latina y Europa enfocado a la investigación del peligro sísmico. En los últimos años la investigación geológica de terremotos se ha desarrollado rápidamente en el centro de México y las primeras tentativas de integración de estos datos junto con los datos de sismicidad para la evaluación del peligro sísmico han mostrado resultados prometedores. En esta charla, introductora de la sesión, se presentará las nuevas colaboraciones desarrolladas a raíz del proyecto, los avances en cuanto a la caracterización geológica de las fallas y los primeros intentos de integración de estos nuevos datos para una mejor evaluación del peligro sísmico. El desarrollo y la aceleración de esta iniciativa se está haciendo urgente ya que ciudades altamente pobladas se encuentran cerca de las principales fallas activas. El proyecto OLLIN está #nanciado por el Programa Internacional de Geociencias (PICG) de la UNESCO bajo el código IGCP669 "Identificación de fallas sismogénicas en áreas pobladas de América Latina y su incorporación a la evaluación de peligros sísmicos".

SE01-2

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS ENJAMBRES SÍSMICOS DE JULIO Y AGOSTO DEL 2023 ENTRE LA ZONA OCCIDENTAL DEL GRABEN CENTRAL DE COLIMA Y EL BLOQUE DE JALISCO

Reyes-Alfaro Gabriel¹, Márquez Ramírez Víctor Hugo² y Arámbula Raúl³

¹Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco, UEPCBJ

²Centro de Geociencias, UNAM

³Universidad de Colima, CUEV

gr.alfaros@gmail.com

Uno de los efectos de la subducción de las placas de Rivera y Cocos, en el oeste de México, es la fragmentación del Bloque de Jalisco. En este trabajo presentamos los resultados preliminares de la relocalización de eventos sísmicos asociados a las dos secuencias que se presentaron el 19 de julio y el 10 de agosto. Esta actividad sísmica se observó en la zona occidental del Graben Central de Colima, que se ha interpretado como un corredor extensional que marca los límites con el Bloque de Michoacán en la costa central del país. La primera secuencia inició con un sismo de magnitud M4.4 localizado a 17 km al norte de la ciudad de Colima, donde los eventos tienen una profundidad promedio de 30 km. La segunda secuencia inició 22 días después en la parte sur del estado de Jalisco y aproximadamente a 28 km al noroeste de la zona de la primera secuencia, pero sin un evento principal previo y con una profundidad promedio de 10 km. La relocalización preliminar de los eventos en las dos secuencias sugiere que la actividad se ubica sobre el límite poniente del graben. Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de las siguientes instituciones: Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco, Centro de Geociencias de la UNAM, Universidad de Colima, Universidad de Guadalajara y el Servicio Sismológico Nacional.

SE01-3

ESTUDIO MULTIDISCIPLINARIO DE LA FALLA TARÍMBARO-ÁLVARO OBREGÓN Y SU IMPLICACIÓN EN EL PELIGRO SÍSMICO PARA LA REGIÓN DE MORELIA, MICHOACÁN

Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹, Avellán Denis Ramón², Ávila García Jesús³,
Lacan Pierre⁴, Israde Alcántara Isabel¹, García Oscar⁵ y Aray Castellano Jelime⁶

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Unidad de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Centro de Geociencias, UNAM

⁵Xochipala Gold

⁶Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

gaBygomez@yahoo.com

Evaluar el peligro sísmico en el centro de México es crucial debido a la cantidad de fallas potencialmente activas y a las ciudades densamente pobladas que se reúnen aquí. El Sistema de Fallas Morelia-Acambay es uno de los sistemas más activos e importantes del centro de México, fuente de varios sismos históricos devastadores, como el de 1858 al suroeste de Morelia y el de 1912 en Acambay. Aquí se han realizado algunos estudios paleosísmicos, pero aún faltan muchas fallas por caracterizar para lograr reconstruir su historia de ruptura y evaluar el peligro sísmico asociado. La ciudad de Morelia es una zona altamente afectada por fallas corticales activas asociadas al Sistema de Fallas Morelia-Acambay. La falla Tarímbaro-Álvaro Obregón (TAO) con ~40 km de largo es una de las fallas más importantes de la región de Morelia, donde viven más de un millón de habitantes en un radio de 10 km alrededor de la falla. Este estudio integra análisis geológicos, estructurales, geofísicos y paleosísmicos para caracterizar y reconstruir la historia de ruptura de la falla TAO, proporcionando datos para una mejor evaluación del peligro sísmico. La falla TAO es una falla normal conformada por tres segmentos escalonados orientados E-W a NE-SO. Este estudio revela una tasa de deslizamiento vertical promedio de 0.04 ± 0.08 mm/año, un intervalo de recurrencia promedio de 33 ka y 1.3 m de desplazamiento vertical por evento. Esta falla es capaz de producir sismos de magnitud 6.2 a 7.2, lo que representa una fuente sísmica potencialmente significativa en el centro de México.

SE01-4

IMPLICACIONES EN EL PELIGRO SÍSMICO DE LA FALLA LA COLINA EN LA CIUDAD DE MORELIA (MICH., MEX.)

Aray Castellano Jelime¹, Lacan Pierre², Ávila García Jesús³, Núñez Meneses Andrés¹,
Gómez Vasconcelos Martha G.⁴, Soria Caballero Diana⁵, Vázquez Bucio Magdalena⁶,
Avellán Denis Ramón⁷, Jiménez Haro Adrián⁸ y Garduño Monroy Víctor Hugo⁴

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

⁵Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

⁶Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

⁷jelimearay@geociencias.unam.mx

La ciudad de Morelia ha sido ampliamente estudiada debido a su problemática de subsidencia diferencial y agrietamientos relacionados a la sobreexplotación de los acuíferos, en un contexto tectónico complejo de fallas con tendencia paralela a las fallas del sistema Morelia-Acambay. A partir de 1983, los hundimientos en la ciudad de Morelia empezaron a provocar daños en las construcciones a lo largo de fallas como La Colina, que atraviesa la ciudad de extremo a extremo. Esta falla tiene una

dirección SW-NE y buza hacia el norte, con una longitud superficial de alrededor de 13 km. Varios estudios se han llevado a cabo para cuantificar y caracterizar su desplazamiento superficial reciente. La reactivación superficial de la falla, hacia las zonas al suroeste de la ciudad, asociada al abatimiento del acuífero es relevante y ha sido descrita, no obstante, se desconocía la persistencia de su actividad tectónica durante el Holoceno. En estudios recientes, tres trincheras fueron excavadas: una en la localidad de Manantiales y dos en la localidad de San Juanito Itzicuarro. Los resultados reportaron que la falla La Colina presenta evidencias de dos tipos distintos de actividad. Uno actual, asociado a los procesos de sobreexplotación del acuífero y, uno más antiguo, asociado a una ruptura superficial que podría corresponder a un movimiento tectónico ocurrido en los últimos 10,000 años. Las evidencias geológicas y morfológicas revelaron que se trata de una estructura tectónicamente activa, capaz de producir eventos de ruptura con magnitudes de Mw 6.3 por sí sola, o bien, interaccionar en un evento extremo con las fallas adyacentes, generando eventos de ruptura multi falla con magnitudes aún superiores.

SE01-5

NUEVA BASE DE DATOS DE FALLAS ACTIVAS EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO

Núñez Meneses Andrés y Lacan Pierre
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
andresdavid.n623@gmail.com

Más de la mitad de la población mexicana, es decir, más de 60 millones de personas viven en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM). Debido a esto, en los últimos años, varios trabajos de investigación han sido desarrollados para estudiar los diferentes sistemas de fallas corticales activos y potencialmente activos, y su peligro sísmico relacionado. Como consecuencia, se han logrado mapear más de 600 segmentos de falla en el CVTM, pero tan solo el 5% de estas estructuras tienen los suficientes estudios detallados para lograr una caracterización de su potencial sísmogénico. Trabajos multidisciplinarios con diferentes enfoques en geología estructural, tectónica, geocronología, geofísica, neotectónica, sismicidad cortical histórica, geomorfología, paleosismología y evaluación del peligro sísmico pueden compilarse y conformar una base de datos actualizada con los parámetros necesarios para la incorporación de datos de falla dentro de la evaluación del peligro sísmico. Como resultado de esa compilación, se propone el primer mapa de falla con rangos de velocidades, edades de actividades, tasas de deslizamiento (slip rate), así como la altura y composición de los diferentes escarpes de falla. Se establecen parámetros clave para el análisis de peligro y riesgo, como la longitud de las diferentes fallas, azimut, ubicación respecto a grandes ciudades o infraestructura de interés (Presas, oleoductos, etc.). Esta base de datos permite proponer una caracterización de los diferentes sistemas de falla y una extrapolación de los datos existentes a otras fallas dentro del mismo sistema y con características similares, carentes de estudios detallados. Dicha extrapolación permite superar una parte de los problemas relacionados a la heterogeneidad de los datos al momento de evaluar el peligro sísmico y tener una mejor comprensión de la complejidad geológica de la zona en la evaluación de este peligro a la escala del CVTM.

SE01-6

EL RÉGIMEN DE DEFORMACIÓN EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO

Kazachkina Ekaterina¹, Suárez Gerardo², Lacan Pierre² y Zúñiga Francisco Ramón²
¹UNAM, Instituto de Geofísica
²UNAM, Centro de Geociencias
kazachkina@igeofisica.unam.mx

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) es una estructura geológica activa de Mioceno hasta el día de hoy que se extiende por más de 1,000 km en el centro de México, del Océano Pacífico hasta el Golfo de México. El cinturón volcánico está oblicuo a la zona de subducción mexicana hacia el sur. Varios estudios han analizado la sismicidad histórica e instrumental de CVTM, su geología y actividad volcánica. En el periodo instrumental se han registrado dos sismos grandes: en 1912 (Acambay, Mw6.9) y en 1920 (Jalapa, Mw6.4), sin embargo la sismicidad de fondo es escasa. Por lo tanto el estilo y la tasa de deformación son difíciles para estimar. En este trabajo analizamos los datos de la red GPS continua de México. La mayoría de las estaciones están distribuidas a lo largo de la costa y en la región metropolitana. Nuestros resultados indican que el esfuerzo de compresión, aparentemente inducido por la subducción de las placas Rivera y Cocos bajo la placa Norteamericana, controla la deformación en el área. Además los datos geodésicos disponibles muestran que el CVTM está bajo la deformación compresiva en la dirección suroeste-noreste a diferencia del régimen extensional asumido anteriormente. Estamos mejorando las observaciones en el CVTM eliminando los errores en las series de tiempo GPS y los efectos de la compresión en la costa.

SE01-7

EVALUACIÓN DEL ÁREA DE AFECTACIÓN DE ALGUNAS FUENTES SISMOGÉNICAS AL OCCIDENTE DE LA FVTM

Martínez Jaramillo Daniel¹, Zúñiga Francisco Ramón²,
Lacan Pierre² y Núñez Meneses Andrés David¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
danmartinezjar@geociencias.unam.mx

Hemos evaluado las principales relaciones empíricas entre la geometría de las fuentes corticales (fallas) y la magnitud de los terremotos, así como el modelo de predicción de movimiento del terreno (GMPE), para obtener una distancia de afectación desde la fuente. Luego, esta distancia se mapea para delimitar un área marginal. En primer lugar, utilizamos 0.1 g para delimitar una aceleración pico peligrosa (PGA), y luego calculamos la magnitud máxima de cada falla específica para obtener la distancia a la cual es capaz de generar esa PGA. La magnitud del terremoto se calculó a partir de relaciones empíricas basadas en la longitud de la falla según Wells y Coppersmith (1994) y Wesnousky (2008), y a partir de un volumen sísmogénico que tiene en cuenta la transición de la deformación frágil a dúctil y la longitud de la falla según Petricca et al. (2022). Posteriormente, evaluamos diferentes propuestas de GMPE, que pueden proporcionar la aceleración espectral o la PGA a varias distancias desde la fuente. Los principales factores considerados en estas ecuaciones fueron la magnitud del momento del terremoto, la distancia de la fuente al sitio y la profundidad focal. Para delimitar la distancia de afectación, combinamos tanto la magnitud como la aceleración esperada para calcular la zona peligrosa alrededor de la fuente. Finalmente, aplicamos este método en la zona occidental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, considerando varias fallas y evaluando la zona de afectación en un área que abarca alrededor de 10 millones de personas. El método propuesto es una manera rápida y accesible para dar una primera noción de la peligrosidad de una o varias fallas cercanas a una población, de manera que se puedan tomar acciones de prevención y estudios a detalle.

SE01-8

FAULT DISPLACEMENT HAZARD ASSESSMENT: NEEDS AND SEEDS

Ferrario Maria Francesca, Colombo Michela, Livio Franz,
Michetti Alessandro, Pizzi Marco y Tringali Giorgio
Insubria University
francesca.ferrario@uninsubria.it

Surface faulting commonly occurs following crustal earthquakes above a certain magnitude level – typically around Mw 5.5 or even lower in peculiar settings such as volcanic areas. Fault displacement may thus be a relevant source of hazard for engineered facilities and infrastructures, located either along the principal fault or on secondary structures (distributed faulting). The assessment of fault displacement hazard in a probabilistic framework (PFDHA) requires the evaluation of several components, including the seismic activity rates, the likelihood of faulting as a function of magnitude and the distribution of the amount of displacement as a function of magnitude and distance from the principal fault. Each component is usually evaluated using equations derived from empirical datasets. Such data may be limited in number, time coverage or spatial representation of different geographic settings. We show that South America is poorly represented in the empirical datasets currently in use. We will also discuss which are the data needed to update the different components of PFDHA, referring in particular to: i) likelihood of primary faulting; ii) likelihood of distributed faulting; iii) probability of exceedance of a given displacement level along distributed faults. We argue that an effort of data gathering from the scientific and technical communities working in South America, and from authoritative bodies in the region may result in additional case studies to be fed into existing datasets. These seeds may be the basis for building a new generation of empirical equations, either with regional or global validity.

SE01-9

ARE REGIONALLY CALIBRATED SEISMICITY MODELS MORE INFORMATIVE THAN GLOBAL MODELS? INSIGHTS FROM CALIFORNIA, NEW ZEALAND, AND ITALY AND IMPLICATIONS FOR CENTRAL MEXICO

Bayona José A.¹, Savran William H.², Iturrieta Pablo³, Gerstenberger Matthew C.⁴,
Graham Kenny M.⁴, Marzocchi Warner⁵, Schorlemmer Daniel⁶ y Werner Maximilian J.¹

¹School of Earth Sciences, University of Bristol, Bristol, United Kingdom

²Southern California Earthquake Center, University of Southern California, Los Angeles, California, U.S.A.

³GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

⁴GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

⁵University of Naples Federico II, Naples, Italy

jose.bayona@bristol.ac.uk

Earthquake forecasting models express hypotheses about seismogenesis that underpin global and regional probabilistic seismic hazard assessments (PSHAs). An implicit assumption is that the comparatively higher spatiotemporal resolution datasets from which regional models are generated lead to more informative seismicity forecasts than global models, which are however calibrated on greater datasets of large earthquakes. Here, we prospectively assess the ability of the

Global Earthquake Activity Rate (GEAR1) model and 19 time-independent regional models to forecast M 4.95+ seismicity in California, New Zealand, and Italy from 2014 through 2021, using metrics developed by the Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP). Our results show that regional models that adaptively smooth small earthquake locations perform best in California and Italy during the evaluation period; however, GEAR1, based on global seismicity and geodesy datasets, performs surprisingly well across all testing regions, ranking first in New Zealand, second in California, and third in Italy. Furthermore, the performance of the models is highly sensitive to spatial smoothing, and the optimal smoothing likely depends on the regional tectonic setting. Acknowledging the limited prospective test data, these results provide preliminary support for using GEAR1 as a global reference M 4.95+ seismicity model that could inform eight-year regional and global PSHAs. Thus, we prospectively evaluate the consistencies between GEAR1 and M4.95+ earthquakes recorded along the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico from 2014 through 2022.

SE01-10

ESTIMACIÓN DE PÉRDIDA DE VIDAS PARA DIFERENTES ESCENARIOS DE CATÁSTROFES SÍSMICAS OCASIONADAS POR FALLAS CORTICALES EN LA VECINDAD DE GUADALAJARA

Zúñiga F. Ramón¹, Suárez Gerardo², Lacan Pierre³ y Wyss Max⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

⁴International Center for Earth Simulation, Geneva, Switzerland

ramon@geociencias.unam.mx

Las fallas del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), numerosas y poco caracterizadas, han sido la fuente de varios terremotos históricos importantes con magnitudes entre Mw 6 y Mw 7.2 en los últimos 500 años. A pesar de la alta densidad de población y la presencia de las ciudades más grandes como la Ciudad de México, Guadalajara o Puebla en México dentro del CVTM, la estimación del riesgo asociado a estas fallas no se ha tomado en cuenta cabalmente. Durante los últimos diez años, se ha realizado un esfuerzo para comprender y caracterizar mejor su actividad. Estudios paleosismológicos han destacado periodos de retorno largos (de 1,000 a 10,000 años) para terremotos con Mw>6, y tasas de desplazamiento lentas, menores a 1 mm/año. En este contexto, el enfoque clásico de estimar el riesgo a partir de catálogos sísmicos históricos e instrumentales resulta desafortunadamente infructuoso. Para superar la falta de datos sobre las fallas, se utilizan una serie de suposiciones sobre la geometría y la actividad de estas estructuras. Se ha estimado que las aceleraciones asociadas con una probabilidad del 10% en 50 años para Guadalajara alcanzan 0.2g y hasta 0.4g en ciertas áreas limítrofes. En este trabajo estimamos el número de víctimas posibles si ocurriera una ruptura en alguna de las fallas que circundan la ciudad de Guadalajara. Verificamos que la herramienta de software, QLARM, con su base de datos, estime las intensidades y las fatalidades aproximadamente correctamente para terremotos históricos que se toman como casos base. Los requisitos para una coincidencia satisfactoria son que la máxima intensidad (I) coincida en aproximadamente 0.5 unidades, que la extensión del área con I VII coincida aproximadamente y que la cuenta de fatalidades difiera en no más de un factor de 2.5 o 1000 fatalidades, lo que sea mayor. Los resultados coadyuvan a mejorar el entendimiento del riesgo sísmico al que está expuesta la segunda ciudad más poblada del país y tomar medidas al respecto.

SE01-11

IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES ACTUALES, DE UN SISMO COMO EL DE SANTA JULIANA (~ M7.8, 1858) Y EL DE ACAMBAY (~M7.2, 1912)

Valdés González Carlos Miguel¹ y Zepeda Ramos Oscar²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Dirección General de Protección Civil

carlos.valdes@unam.mx

Para evaluar el impacto económico y social que, en la actualidad, podrían tener sismos que ocurran en el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), se usaron las isosistas del sismo de Santa Juliana de 1858 en Michoacán y del de Acambay de 1912 del Estado de México, para determinar los posibles bienes afectados en las zonas en donde estos sismos tuvieron Intensidades de VIII y IX. Se utilizó el Atlas Nacional de Riesgos, que tiene las isosistas estimadas por J. Figueroa (1963) y por V. H. Garduño-Monroy (2011) digitadas, para poder determinar la población y bienes expuestos. Para el sismo de Santa Julia, para el área correspondiente a la Intensidad VIII, actualmente hay 1.82 millones de personas, con el 24% de ese total siendo mayores de 60 años y el 10% menores de 12 años. El número de personas en esta zona de Intensidad VIII es 5 veces mayor que la población en el área de Intensidad IX, ya que la primera incluye a la Ciudad de Morelia. El número de viviendas en la zona de Intensidad VIII es de casi 600 mil, hay 693 Centros de Salud, 6,311 escuelas, 532 hoteles, 502 bancos y 178 gasolineras. A estos bienes se les asigno un probable valor de daño por sismo, y para el caso de las viviendas se estimó el valor promedio actual de los inmuebles, asignando un 5% de ese valor como daño. El total de estos montos estimados es de cerca de 74,553 millones de pesos. De manera similar se realizó un análisis para las Intensidades del sismo de Acambay. En la zona de Intensidad VIII, viven 87,912 personas, de ellas el 26% son

mayores de 60 años y 8% menores de 12 años. Hay 1.6 veces más personas en la zona de Intensidad VIII que en la IX. El número de inmuebles es de 26,276, hay 109 Centros de Salud, 58 supermercados, 946 escuelas, 25 hoteles, 28 bancos y 11 gasolineras. Un análisis de costos por daños de un sismo importante como el de 1641 o de 1912, nos arroja una cifra de 4,242 millones de pesos. El monto del FONDEN asignado para 2023 es de \$17,157 millones de pesos y el del FOPREDEN es de \$217.8 millones de pesos. También existe el seguro Catastrófico por \$5,000 millones y un Bono Catastrófico por US\$485 millones, vigente hasta marzo de 2024. El sismo del 19 de septiembre de 2017 provocó daños por un monto \$56,696 millones en la CdMX, Morelos, Puebla y Guerrero. Por lo tanto, la ocurrencia de un solo sismo como el de Santa Juliana, en términos de impacto económico, puede significar el 4.34 veces el monto asignado al FONDEN de los años recientes. El invertir en prevención, sabiendo que Peso invertido, ahorra entre 8 y 15 veces el gasto en atención de la emergencia, sería un paso importante y necesario, para mitigar el efecto de potenciales sismos en el CTVM.

SE01-12

DAMAGE SCENARIOS IN MEXICO CITY CAUSED BY NEARBY AND LOCAL CRUSTAL EARTHQUAKES

Suárez Gerardo¹ y Jaimes Miguel Ángel²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

gersua@yahoo.com

Mexico City has suffered severe damage from earthquakes located in the subduction zone and within the subducted Cocos plate. Earthquakes in the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB), where Mexico City lies, are relatively infrequent but have reached Mw>6. A recent crustal earthquake occurred in 1912 (Mw 6.9), 80-km from Mexico City. A deterministic seismic hazard approach using two potential seismic sources instead of a probabilistic seismic hazard model is used due to the lack of background seismicity and the unknown recurrence times of events in the TMVB. Damage scenarios are estimated for hypothetical crustal earthquakes located 40 and 80 km from the city and for local earthquakes taking place in local fault systems within the city. Site effects are included to account for the geotechnical zonation of the city and vulnerability curves are calculated for residential buildings reported in the cadastral record of Mexico City. The results show that an earthquake near the 1912 earthquake, damage is concentrated in buildings 6-10 stories high, located near the transition zone. The earthquake located ~40 km from Mexico City shows accelerations of 79 and 318 cm/s² on firm ground and in the lake region, respectively. This scenario concentrated potential damage in buildings 3-5 stories high and broadly distributed in the region underlain by the soft clays. Under both scenarios, no damage is expected in buildings higher than ~11 stories. Similarly, in the case of local earthquakes, we use two potential seismic sources but with magnitudes 5.2 and 5.5. The results are currently being developed. Preliminary results show that potential damage is concentrated on poor-quality constructions 1-2 stories high and within a limited zone due to its high attenuation, in a similar manner as for a nearby source. Although the local events are likely to affect only a small area, potentially they could be very damaging in a densely populated one.

SE01-13 CARTEL

HACIA LA CONFORMACIÓN DEL GRUPO NACIONAL DE INTERVENCIÓN POST-SÍSMICA PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS GEOLÓGICOS-AMBIENTALES

Velázquez-Bucio María Magdalena¹, Lacan Pierre¹, Ferrario Maria Francesca², Fletcher John³, Solano Hernández Ericka Alinne⁴ y Michetti Alessandro M.⁵

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Università degli Studi dell'Insubria, Como, Italia

³Dipartimento de Geologia, CICESE, B.C., México

⁴ENES Morelia, UNAM, México

⁵Università degli Studi dell'Insubria, Como, Italia; INGV, Osservatorio Vesuviano, Napoli, Italia

magda_vb@yahoo.com.mx

México se encuentra permanentemente expuesto a sismos tanto interplaca, intraplaca, como de origen cortical. Nuestra experiencia con sismos mayores en el pasado reciente, sugiere que, para progresar en nuestro conocimiento sobre estos eventos, instituciones científicas, gubernamentales y sociales sumen capacidades y respondan de manera inmediata después de un sismo en el reconocimiento de efectos geológico-ambientales y en el levantamiento de datos precisos. Tras el terremoto en Chiapas en septiembre de 2017, un reconocimiento de la zona epicentral durante la primera semana permitió mapear los efectos ambientales (EEE; Earthquake Environmental Effects) y complementar nuestra información con datos publicados, asignando intensidades ESI-07 a 54 localidades. Para el sismo de Oaxaca, en junio de 2020, dadas las restricciones para realizar trabajo de campo debido a la pandemia por COVID19, documentamos EEE en 125 sitios: 74 provienen de publicaciones científicas y 51 de nuestra investigación sobre sitios web y redes sociales. Para el sismo de Michoacán, septiembre de 2022, documentamos 176 EEE: 120 tomados directamente en campo, 12 de publicaciones de difusión científica, 19 de noticieros y 25 de redes sociales, además de 7894 deslizamientos mediante imágenes de satélite. Los valores de intensidad ESI-07 de los EEE oscilan entre V y X en los tres eventos. Los datos analizados de sismos recientes e históricos constituyen la base para las observaciones directas sobre la intensidad macrosísmica, información insustituible

y esencial para la evaluación del peligro sísmico. No obstante, ante la ocurrencia de un sismo, instituciones científicas y gubernamentales suelen ser abrumadas por la emergencia. Por lo tanto, es crucial activar un soporte que incremente la capacidad de respuesta. Con base en lo anterior, planteamos la consolidación de un grupo de reconocimiento rápido post-sísmico, que involucre especialistas de diversas áreas y cuente con un protocolo común, desde la recopilación de datos (geológicos, geomorfológicos, sísmico-ambientales, estructurales) en campo, hasta su publicación en revistas científicas y organismos de interés social, y la transmisión de la información a las instituciones de protección civil. La recopilación rápida, sistemática y homogénea de datos en el terreno, proporciona información única e irremplazable que constituye una herramienta fundamental para la integración de datos sísmológicos y/o satelitales. Esto permite caracterizar el patrón del daño y mejorar la evaluación del peligro sísmico. Conjuntamente, una base de datos de efectos ambientales cosísmicos, brinda una contribución esencial tanto para el modelado de la fuente sísmica como para la mitigación del riesgo vinculado a la evolución post-sismo. Además de la recopilación de datos, los objetivos del grupo incluirán la implementación, conservación y el intercambio de datos cosísmicos que garantice y fomente el enriquecimiento de los distintos campos de la investigación en geología sísmica.

Sesión especial

CUARENTA AÑOS DE GEOLOGÍA EN EL NORESTE MEXICANO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Organizadores

Elizabeth Chacón Baca
Gabriel Chávez Cabello
Sóstenes Méndez Delgado
Oscar M. Romero de la Cruz

SE02-1

EDAD DEL CABALGAMIENTO USANDO Ar-Ar EN ILLITAS EN LA SALIENTE DE MONTERREY, CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS MEXICANO, NE DE MÉXICO

Chávez Cabello Gabriel¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Fitz Díaz Elisa² y Aranda Gómez José Jorge³

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Nacional Autónoma de México / Instituto de Geología

³Universidad Nacional Autónoma de México / Centro de Geociencias
gabchavez2001@yahoo.com.mx

Se determinaron edades absolutas usando el método Ar-Ar en illitas autigénicas desarrolladas en el núcleo de zonas de cizalla asociadas a la cabalgadura frontal expuesta en los flancos de la Saliente de Monterrey, en el NE de México. Esta estructura regional es parte de la Sierra Madre Oriental que está incluida en el Cinturón de Pliegues y cabalgaduras Mexicano. Se muestrearon tres sitios, uno al oeste donde la cabalgadura tiene una orientación E-W y es nombrada como cabalgadura de La Catana, al Sur de Saltillo, Coahuila, aquí la Formación Zuloaga del Kimmeridgiano cabalga a lititas de la Formación Parras del Campaniano-Maastrichtiano. Los otros dos sitios se ubican en el flanco SE de la Saliente de Monterrey, donde la cabalgadura frontal adquiere una orientación NNW-SSE, el primero al oeste de Montemorelos Nuevo León, sobre la carretera que comunica a este municipio con Rayones, en esta localidad la Formación Zuloaga cabalga sobre la Formación Méndez; mientras que en el segundo punto fechado sobre el frente tectónico NNW-SSE, se ubica a 27 km al SW de Linares en el cañón Santa Rosa sobre la carretera #58, se muestreo la zona de cizalla generada por el cabalgamiento de la Formación La Casita sobre Cuesta del Cura. En todos los casos, en la zona de la cabalgadura se desarrolló una brecha ampliamente heterogénea que presentó zonas de microbrecha, brecha y megabrecha alternadas que incluyó bloques de las Formaciones Tamaulipas Inferior/Cupido y Zuloaga, con el desarrollo de una zona de cizalla frágil-dúctil asimétrica que cambia de frágil en la unidad calcárea del Jurásico a dúctil en la unidad arcillosa del Cretácico Superior. Las zonas muestreadas para separar illitas autigénicas en las cabalgaduras correspondieron siempre a zonas de cizalla frágil-dúctil dentro de las unidades arcillosas involucradas en la cabalgadura como lo fueron las Formaciones Parras, Méndez y La Casita. Las edades obtenidas fechando diferentes fracciones de illitas corresponden al Eoceno temprano. Estas edades son más jóvenes que edades obtenidas en pliegues de la Saliente de Monterrey, del hinterland del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano, así como de unidades sinorogénicas depositadas en el hinterland del CPCM, esto sostiene que la cadena plegada se generó en pulsos o diacrónicamente iniciando en el oeste y culminando en el este. Dentro de la Saliente de Monterrey, la deformación inició con el desarrollo de pliegues y culminó con el cabalgamiento de las unidades del Jurásico sobre las del Cretácico Superior en sus márgenes. Las edades determinadas permiten definir que el cabalgamiento entre Saltillo, Coahuila y Linares, Nuevo León fue sincrónico.

SE02-2

EDAD Y DEFORMACIÓN DE LA FORMACIÓN AHUICHILA (EOCENO-OLIGOCENO) EN LA REGIÓN NORTE DE ZACATECAS

Pedraza Villa Roberto Abraham¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Aranda Gómez José Jorge², Chávez Cabello Gabriel¹ y Chacón Baca Elizabeth¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
rapv0497@gmail.com

En la región norte de Zacatecas, la Formación Ahuichila está constituida principalmente por conglomerado con fragmentos de rocas sedimentarias marinas, metamórficas y volcánicas, que hacia la cima tiene intercalaciones de areniscas, tobas, y rocas calcáreas con tapetes microbianos fósiles. Una característica

importante es que esta unidad aflora en el núcleo de un sinclinal cuyo eje exhibe una dirección NW-SE, el cual es oblicuo a la de los pliegues regionales generados por el Orogénico Mexicano, y sub-paralelo al Bloque de San Julián. La edad de zircons en tobas retrabajadas de la base de esta unidad oscila entre 36 y 34 Ma., mientras que la de las rocas más jóvenes que exhiben plegamiento es de ~32 Ma. Lo anterior, permite interpretar, que en la zona de estudio las rocas de la Formación Ahuichila fueron sometidas a una deformación contraccional más joven (Oligoceno temprano) que las edades reportadas para el fin de la deformación del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano en la zona.

SE02-3

ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOQUÍMICO DE LA CUENCA VOLCÁNICA-SEDIMENTARIA "LA TASAJERA", MAZAPIL, ZACATECAS

Cano González Katty Grisel¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Aranda Gómez José Jorge², Chacón Baca Elizabeth¹ y Chávez Cabello Gabriel¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
katty.canog@outlook.com

La Cuenca Volcánica-Sedimentaria La Tasajera (CVSLT) está localizada en el borde suroccidental del bloque de San Julián, en la región norte de Zacatecas, y está conformada por derrames de lava basáltica intercalados con horizontes conglomeráticos con mal grado de cementación. Los conglomerados que afloran en el área de estudio exhiben fragmentos del intrusivo Pico de Teyra, arenisca de la Fm. Taray y esporádicos fragmentos de rocas volcánicas basáltica, en diferentes concentraciones. El basamento de la cuenca se encuentra constituido por rocas desde el Triásico con la Fm. Taray. A esta unidad le sobreyacen las formaciones Nazas, Joya y Zuloaga, esta última unidad estratigráfica la caracteriza la presencia de fósiles de Nerineas. Todas estas unidades estratigráficas son cubiertas discordantemente por derrames basálticos y conglomerados de la (CVSLT). Por otro lado, los resultados geoquímicos de las rocas volcánicas indican que de acuerdo con su concentración de SiO₂ y (Na₂O+K₂O) son clasificadas como fonotefritas y traqui-andesitas basálticas alcalinas. Además, exhiben patrones de REE relativamente planos, sin embargo, muestran enriquecimiento en elementos incompatibles, como Ba y Nb que se interpreta como contaminación proveniente de la deshidratación tardía de una placa subducida previamente. Por otro lado, anomalías positivas en Sr, Ba y Pb indican que hubo ligera contaminación cortical. Los valores de #Mg, indican que las lavas son primarias y poco diferenciadas, con una fuerte componente de magmas tipo OIB generados en un ambiente intraplaca. Las características geológico-estructurales indican que las rocas volcánicas de la CVSLT se extrusaron en un ambiente tectónico extensional, el cual pudo haber sido progresivo o multiespisódico. Además, los resultados de la geoquímica de roca total presentan importantes similitudes con rocas asociadas al vulcanismo del Plio-cuaternario de la Provincia Extensiva de Cuencas y Sierras de México.

SE02-4

CARTOGRAFÍA Y REINTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VENTANA DEL NÚMERO, SIERRA DE PARRAS, COAHUILA

Alfaro Torres María del Carmen¹, Chávez Cabello Gabriel¹, Ramírez Peña César Francisco¹, Aranda Gómez José Jorge², Chacón Baca Elizabeth¹ y Romero de la Cruz Oscar Mario¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
carmen.alfaro.torres@gmail.com

El Cinturón de pliegues y cabalgaduras Mexicano (CPCM) representa uno de los rasgos orogénicos más importantes del país, relacionado con el plegamiento y fallamiento de rocas mesozoicas y su complejo basal (Eguiluz et al., 2000), y aunque si bien son pocos los sectores en el país donde coexisten los estilos de

deformación de piel delgada y gruesa, el Sector Transversal de Parras evidencia características de ambas. La deformación de piel delgada está relacionada con un evento de deformación de edad inicial ~90-92 Ma que termina ~42 Ma, mientras que la deformación de piel gruesa ocurrió entre ~43-32 Ma (Ramírez-Peña, 2017). En la zona de la Ventana del Número, 25 Km al sureste de Viesca, Coahuila, se preserva una ventana tectónica que expone a la Formación Nazas en contacto con la secuencia marina Jurásico-Cretácico. En esta localidad se realiza una cartografía y reinterpretación estructural de la Ventana Del Número, con el objetivo de determinar la relación espacio-temporal de dos fases de acortamiento tectónico que potencialmente estarían presente en lo que se definió como la Napa de Parras que cabalga a la plataforma de Coahuila (Tardy, 1972). En dicha ventana estructural, la Formación Nazas se presenta en contacto tectónico con la Fm. Zuloaga a través de una superficie de cizalla frágil-dúctil, bien representada por clivajes de crenulación, pliegues en funda, deltas y sigmas que permiten determinar a diferentes escalas la dirección de la cizalla en la zona. En el área de La Ventana del Número, al igual que en toda la Sierra de Parras, se presentan pliegues y fallas orientadas WNW-ESE relacionadas a la deformación de tipo piel delgada o cobertura dominante; sin embargo, recientemente se han reconocido pliegues y fallas, que por su orientación y rocas que afectan, se interpretan como más jóvenes y discordantes a la cadena transversal plegada. Estas estructuras más jóvenes presentan una orientación NNW-SSE a N-S en el área de interés y representarían a un pulso de deformación más joven aquí relacionado con un estilo de piel gruesa en la zona. Las estructuras afectan a la secuencia marina cretácica y generan estratos de crecimiento en la Formación Ahuichila en el Valle de Ahuichila (Eoceno-Oligoceno; Medina-Pérez, 2023). Por otro lado, es de interés de esta investigación determinar las estructuras que controlan la distribución de yacimientos minerales de Plata, Plomo y Zinc contenidos en la Formación Nazas.

SE02-5

EDAD DE LA FORMACIÓN AHUICHILA Y DE LOS PLIEGUES DESARROLLADOS EN ELLA - SECTOR TRANSVERSAL DE PARRAS Y BLOQUE DE SAN JULIÁN, COAHUILA Y ZACATECAS, MÉXICO

Aranda Gómez José Jorge¹, Ramírez-Peña César Francisco²,
Chávez-Cabello Gabriel², Eguiluz y de Antuñano Samuel³, Juárez-Arriaga
Egar⁴, Medina-Pérez Edgar⁴ y Pedraza-Villa Roberto Abraham²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

²Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAM

³Geólogo consultor

⁴Instituto de Geología, UNAM

jjag@geociencias.unam.mx

La transición entre acortamiento tectónico y extensión cortical está marcada por capas rojas continentales en varios distritos mineros de México. Debajo de esos conglomerados yacen rocas sedimentarias marinas del Mesozoico, plegadas y cabalgadas, a veces con fallas normales sobreimpresas. Comúnmente, sobre las capas rojas hay rocas volcánicas sin plegar, frecuentemente basculadas y cortadas por fallas normales. Desde hace 90 años se conocen afloramientos de un conglomerado calcáreo en el Sector Transversal de Parras, al que Rogers y colaboradores (Bol. CRMNR 56, 1961) llamaron informalmente formación Ahuichila. Esta unidad, constituida por conglomerado de bloques y guijas de caliza, presenta en algunos sitios intercalaciones de capas de toba, arenisca, limo, caliza de agua dulce y yeso. La formación Ahuichila en algunos lugares está suavemente inclinada y en otros las capas son sub-verticales. El contacto entre la formación Ahuichila y las unidades sedimentarias marinas subyacentes es una discordancia angular en muchos sitios, mientras que en otros es una paraconformidad. Debido a la ausencia de fósiles y a las relaciones de contacto variables en su base, la edad de la formación Ahuichila es incierta. Para Kellum (GSA Bull. 43, 1932), por el hecho de estar plegada en la Sierra de Jimulco, una parte de ella podría ser tan antigua como Cretácico Tardío. Para Imlay (GSA Bull. 49, 1938) los conglomerados de la Sierra de Jimulco y del Bajío de Ahuichila no están realmente plegados y las ondulaciones suaves que presentan sus capas las atribuyeron a depósito sobre una superficie irregular. Aún más, Imlay se refirió a ella como formación Mayrán y creyó que se depositó durante una época húmeda del Cuaternario. Rogers y colaboradores (op. cit.), aceptaron la hipótesis de su acumulación sobre una superficie irregular y asignaron una edad Eoceno para la formación Ahuichila, por comparación con las capas rojas de Guanajuato, edad que hasta ahora ha sido considerada válida. Esta inferencia se hizo extensiva para muchos conglomerados del centro y norte de México. La técnica U-Pb para adquirir edades MDA (Maximum Depositional Age) en circones detriticos permite obtener mejores estimaciones de las edades de depósito de las capas rojas continentales y, si estas están plegadas, la del acortamiento tectónico que las afectó. Cartografía geológica en la región entre el Bajío de Ahuichila y el Bloque de San Julián muestra, sin duda, que la formación Ahuichila está plegada en esa región. Las MDAs obtenidas en tobas retrabajadas, en donde el conjunto de edades tiene distribución casi unimodal, y que fueron colectadas en diferentes sitios, son consistentes con acortamiento tectónico más joven que 26 Ma. El alcance estratigráfico de la formación Ahuichila es aún desconocido, porque las rocas en su base son ruditas calcáreas grano-soportadas en donde sedimentos finos están ausentes y su cima se desconoce. Los pliegues documentados en la formación Ahuichila son más abiertos que los de las rocas mesozoicas marinas subyacentes. El rumbo de sus ejes es paralelo al de fallas inversas de ángulo alto o es perpendicular a los pliegues en la Transversal de Parras. Papiit:IG10123.

SE02-6

LEVANTAMIENTO Y MAGMATISMO SINOROGÉNICO EN EL BLOQUE DE CONCEPCIÓN DEL ORO: ¿UNA ESTRUCTURA DE PIEL GRUESA EN EL CINTURÓN DE PLIEGUES Y CABALGADURAS MEXICANO?

Ramírez Peña César Francisco¹, Chávez Cabello Gabriel¹ y Aranda Gómez José Jorge²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

cesar_fran88@hotmail.com

Se discuten edades U-Pb en circón de un magmatismo sin-tectónico relacionado con un pulso de deformación de piel gruesa contraccional en el Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras Mexicano (CPCM). El área de estudio corresponde al Bloque Concepción del Oro (BCO), el cual se ubica en el norte de Zacatecas, México. El BCO es una estructura tectónica alargada con tendencia NW-SE ubicada al sur del Sector Transversal de Parras en el CPCM en el centro-norte de México. En esta área, se formaron pliegues regionales en la cobertura sedimentaria marina entre el Turoniano tardío y el Campaniano y definen el núcleo de un importante oroclinal convexo hacia el noreste en el distrito minero de Concepción del Oro, Zacatecas, México. Los pliegues regionales fueron cortados por cuatro plutones del Eoceno-Oligoceno temprano (43-32 Ma; U Pb circón), que en algunos lugares modificaron las estructuras más antiguas desarrolladas en la cobertura. El magma se emplazó a lo largo de fallas de cabalgamiento y modificó la actitud de los flancos invertidos de pliegues volcados y la orientación del eje del pliegue en el núcleo de los anticlinales, lo que provocó la formación de una deformación compleja relacionada con el emplazamiento. Dos lineamientos de tendencia NW-SE limitan la BCO, y ambos cortan las terminaciones periclinales de los pliegues más antiguos de piel delgada, en momentos diferentes. El lineamiento oriental se interpreta aquí como una falla inversa de ángulo alto, que inclinó una sucesión continental conglomerática polimítica que incluye cantos rodados derivados de uno de los cuerpos intrusivos y un flujo de lava sin-tectónico andesítico (40.7±0.6Ma; U Pb circón). El lineamiento occidental es una falla normal generada por una extensión tectónica regional posterior relacionada con la provincia de Cuencas y Sierras. En conjunto, sugiere que un pulso de deformación de piel gruesa contraccional del Eoceno tardío-Oligoceno temprano afectó al BCO. Este pulso fue contemporáneo al magmatismo del Eoceno-Oligoceno en la región de Concepción del Oro, Zacatecas, y es similar en estilo y edad a algunas de las estructuras producidas por la orogenia Laramide en el sur de las Montañas Rocosas y en algunas áreas aisladas del norte de México.

SE02-7

ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES SOBRE EL TRAZO PROYECTADO DE LA AUTOPISTA INTERSERRANA ENTRE ITURBIDE Y GALEANA, N.L.

Rodríguez Gómez José Olegario, Chapa Guerrero José
Rosbel, Chávez Cabello Gabriel y Méndez Delgado Sóstenes

Facultad de Ciencias de la Tierra, UNAM

jose_rod12@hotmail.com

El presente estudio contempla la metodología y avances de la tesis de maestría, sobre la problemática presente en la construcción de la Autopista Interserrana que conectará a la carretera federal #57 con la #85. La longitud total de la autopista es de 81 km. e incluirá 32 kilómetros de sierra a lo largo del cañón El Alamar que divide a los municipios de Iturbide, Linares y Monterrey, N.L., cruzando el frente tectónico de la Sierra Madre Oriental integrada por importantes pliegues y fallas geológicas en rocas sedimentarias marinas (calizas, lutitas, areniscas y yesos). Se analizan los potenciales movimientos en masa naturales y antropogénicos más destructivos que impactarían el entorno social, causando millonarias pérdidas económicas y en el peor de los casos cobrando vidas humanas y que podrían condicionar una vialidad insegura. Se destaca que más del 90% de este tipo de eventos destructivos se puede prevenir mediante análisis cualitativos (geomecánicos) y cuantitativos (geotécnicos). Con estos estudios analíticos se obtienen valores como: RMR, SMR y RQD, que son de gran relevancia ya que pueden predecir las condiciones de inestabilidad potenciales, anticipando así, el requerimiento de infraestructuras para controlar y/o mitigar este tipo de fenómenos. Esta vía de comunicación impulsará el crecimiento económico del estado con la optimización del tráfico comercial entre la frontera norte del país, el Área Metropolitana de Monterrey, el centro y la capital de México. El objetivo principal de este estudio es caracterizar litológica y estructuralmente el macizo rocoso para definir zonas potenciales de riesgos geológicos que pudieran afectar el futuro tramo carretero de la autopista Interserrana entre Iturbide y Galeana, Nuevo León.

SE02-8

GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF THE VOLCANOGENIC SAN FRANCISCO MANGANESE DEPOSIT OF CENTRAL WESTERN MEXICO

Chávez Cuellar Alan Gabriel¹, Madondo Joseph², González Partida Eduardo³, Canet Carles⁴, Mishra Sumit⁵, Ramírez Peña César Francisco¹, Pi Puig Teresa¹ y Linares Carlos³

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra

²Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias

³Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

⁴Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

⁵Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

alangchc@gmail.com

The San Francisco manganese deposit of western central Mexico is hosted within red tuffs with interbeds of green tuffaceous sandstone of the San Francisco Formation. The manganese mineralization occurs as stratabound irregular orebodies and lenses composed mainly of braunite with minor pyrolusite and traces of neltnerite and rhodochrosite which display a variety of textures such as laminated, disseminated, massive, replacement and open space filling. Iron oxides exist in the form of fine grained hematite and magnetite. Accessory minerals include quartz, calcite, and barite. Electron microprobe analysis of braunite, the predominant mineral, gives average values of MnO₂, SiO₂ and Fe₂O₃ as 84.2, 9.6, and 0.9 percent, respectively, which is close to the ideal composition. The deposit is characterized by low trace element (Co, Cu and Ni) abundance and high Mn/Fe ratios (>500), typical of volcanogenic deposits. The Mn-Fe-(Ni + Cu + Co), MnO₂-MgO-Fe₂O₃, and Na/Mg diagrams display signatures of a terrestrial environment. Geological and geochemical characteristics of the deposit point to deposition within a shallow water basin by subaerial volcanic activity during hiatus between two major eruptive cycles.

SE02-9

FÓSILES DEL NORESTE DE MÉXICO, UN RECORRIDO PALEONTOLÓGICO Y GEOLÓGICO POR NUEVO LEÓN

Chacón Baca Elizabeth¹, Rodríguez Gómez José Olegario², Cano Katy², Medina Edgar², Pedraza Villa Roberto A.², Alfaro Carmen², Ramírez-Peña César Francisco², Madondo Joseph², Chávez-Cabello Gabriel² y Romero de la Cruz Oscar Mario²

¹UANL

²Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

baicalia2012@gmail.com

El archivo geológico y paleontológico del noreste mexicano está constituido principalmente por rocas del Mesozoico que reflejan diversos ambientes sedimentarios. En estos paleoambientes reflejan gradientes geoquímicos durante el proceso de fosilización bajo condiciones muy variables. Nuevo León es particularmente abundante en localidades del Cretácico que preservan importantes fósiles pertenecientes a diferentes categorías taxonómicas. Esta contribución presenta los resultados preliminares del acervo paleontológico de Nuevo León, el cual incluye comunidades microbianas, microfósiles protistas, plantas, invertebrados y vertebrados. Las formaciones geológicas expuestas en Nuevo León contienen biofilmes microbianos preservados como asociaciones fósiles de organismos arrecifales hasta matrices orgánicas embebidas en vertebrados fósiles representativos. Entre los protistas preservados se incluye una gran diversidad de microfósiles de algas, calpionélidos, nanocónidos, radiolarios y foraminíferos planctónicos que abarcan desde la transición J/K hasta el Paleógeno. Nuevo León también contiene un registro paleobotánico representativo del Mesozoico, así como diversos invertebrados fósiles. Además de los diversos procesos de fosilización preservados en los afloramientos representativos de Nuevo León, el registro sedimentario también refleja condiciones paleoambientales muy variables. Los paleoambientes donde se preservaron dichos fósiles reflejan principalmente ambientes marinos y someros, y en menor escala, ambientes continentales y transicionales preservados del Mesozoico. Este breve recorrido paleontológico incluye también una breve cronología de los aportes técnicos a lo largo de cuarenta años de investigación en la UANL.

SE02-10

HACIA UNA CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES ESCONDIDO, OLMOS Y SAN MIGUEL EN LA REGIÓN CARBONÍFERA; SAN JUAN DE SABINAS, COAHUILA

Castañeda Leonides Fausto y Gress Gómez Lucero Verónica

Comisión Federal de Electricidad

fleonides@gmail.com

A lo largo de casi tres años de estudios geológicos, que la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC), a través del Departamento de Geología, se enfoca a resolver problemas de ingeniería y con estudios desde levantamientos superficiales, exploración directa (sondeos) y exploración indirecta (estudios geofísicos) en el subsuelo, además, de los trabajos de construcción que se realizan actualmente en el sitio de estudio, nos ha brindado una gran abundancia de información de estas formaciones. Bajo esto, se está buscando una definición entre los contactos, que, cómo se ha trabajado en literatura previa, la definición entre la Formación Escondido

y Olmos no se ha establecido con claridad. Para el caso de Olmos y San Miguel, aunque se establece el primer manto de carbón como el contacto, en las zonas donde se encuentra este último, con los datos obtenidos en este trabajo, se está estableciendo una incertidumbre en este. La presentación de estos datos es con el fin de establecer o realizar una propuesta de los contactos en este sitio de la región carbonífera, además, que es la punta de lanza hacia el trabajo de doctorado de su servidor.

SE02-11

DISCORDANCIAS EROSIVAS EN EL BORDE OCCIDENTAL DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC

Núñez Garibay José Luis¹, Plata Hernández Elvia², Schwennicke Tobias², Ramírez Fernández Juan Alonso¹ y Jenchen Uwe¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Universidad Autónoma de Baja California Sur

joseluisng1989@gmail.com

La Formación Chicontepec es una unidad litoestratigráfica, que consiste en forma general en estratificación rítmica de areniscas. Esta unidad ha sido asignada a una edad de Paleoceno-Eoceno inferior, y se encuentra en la Cuenca Tampico-Misantla, limitada por la Sierra Madre Oriental en el oeste y la Plataforma Tuxpan en el este. La Formación Chicontepec esta dividida en dos unidades: la Formación Chicontepec Inferior (Paleoceno) que constituye el borde occidental del Paleocanal de Chicontepec y la Formación Chicontepec Superior (Eoceno) el paleocanal sensu stricto. El presente estudio se enfoca en afloramientos descritos como parte de la Formación Chicontepec Inferior ubicados en el borde occidental del Paleocanal de Chicontepec. Se distinguen las siguientes Asociaciones de Facies (AF): (AF-0) Sedimentos de taludes o cuencas distales, representados por estratos de arenisca delgados intercalados dentro de paquetes de lutitas; (AF-1) Lóbulo interno, compuestos por estratos de arenisca amalgamadas de gran espesor y facies de Bouma Ta-e; (AF 2) Lóbulo medio, estratos de arenisca de espesores medios con Bouma Tb-Tc-Td y/o Te; (AF-3) Lóbulo distal, compuesto por estratos de arenisca delgados intercalados con secuencias Bouma Tc, Td y Te; (AF-4) Canal distribuidor, areniscas de grano grueso con clastos de lodo; (AF-5) Canal alimentador, con litofacies de orto-conglomerados; (AF-6) Flujos de escombros o debritas, el cual está compuesto por horizontes de lodolitas deformados con lutitas pedregosas; (AF-7) Slump, estas presentan estratos de areniscas y lutitas de espesores delgados con deformación sinsedimentaria (mínima a caótica); (AF-8) Complejos de transporte en Masa (CTM), las cuales son intercalaciones de debritas en los paquetes de slump. Especialmente la asociación de Facies AF-8 representa una reactivación de la energía transporte que puede ocurrir durante el mismo evento de sedimentación, o, representar un evento más tarde, asociada con discontinuidades estratigráficas.

SE02-12

FACIES Y PETROLOGÍA DE LA FORMACIÓN "LA PROVIDENCIA" (NEÓGENO) ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y TAMAULIPAS, NE DE MÉXICO

López López Leyslie Berenice, Ramírez Fernández Juan Alonso, Pichardo Barrón Yolanda y Jenchen Uwe

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

leyslielopez10@gmail.com

La Formación La Providencia consiste de una serie de rocas carbonatadas del Cenozoico Tardío, que afloran de manera aislada en la región occidental de la Planicie Costera del Golfo de México. Originalmente fue descrita como "Calizas Providencia" por Márquez Domínguez, en un reporte inédito de PEMEX (1970/1975). Sus principales afloramientos se ubican en los municipios de Linares (Nuevo León), Santander Jiménez (donde se encuentra su mejor expresión), Abasolo, Cruillas y los alrededores de la Sierra de San Carlos-Cruillas (Tamaulipas). Bancos de caliza y travertino de la Fm. La Providencia sobreyacen discordantemente a las margas de la Fm. Méndez y margas y calizas de la Fm. San Felipe (ambas del Cretácico Tardío), formando elementos topográficos positivos. Su edad estimada del Mioceno al Plioceno Inferior sugiere que la deposición prosiguió a la denudación de la Planicie Costera del Golfo de México, significando que los afloramientos ubicados más cerca del frente de la Sierra Madre Oriental (hacia el occidente) posiblemente sean más antiguos. En los antecedentes se presentan dos vertientes respecto a su origen: (a) continental, depositada en ambientes lacustres y (b) marino de alta energía. Sin embargo, para definir formalmente la Fm. La Providencia, es necesario cumplir requisitos adicionales como la descripción de la sección tipo con sus características distintivas, sus contactos, su forma y dimensiones, así como su edad y correlación estratigráfica. Este estudio pretende mostrar los primeros avances en este camino.

SE02-13

DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD TÉRMICA DE DIFERENTES FORMACIONES GEOLÓGICAS (SUELOS Y ROCAS), MEDIANTE EL MÉTODO DE FUENTE LINEAL TRANSITORIA

González Ibarra Natlley de Jesús, Garza Rocha Daniel y Romero de la Cruz Oscar Mario
 Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
 natlleygi@gmail.com

Las propiedades térmicas que conectan la temperatura con el flujo térmico son conceptos fundamentales en física y en termodinámica clásica. La temperatura es una medida del contenido de energía promedio de los cuerpos macroscópicos (sólidos, líquidos y gases), en tanto que el flujo térmico representa la transferencia de la energía entre cuerpos o regiones a diferentes temperaturas, afectando a las características de los materiales. En el presente trabajo se muestran resultados de las mediciones de la Conductividad Térmica y Resistividad Térmica, obtenidos de diferentes suelos y rocas de diversas formaciones geológicas de la Sierra Madre Oriental, utilizando el equipo TLS-100 de Thermtest. La metodología empleada es la técnica de Fuente Lineal Transitoria (TLS), que es un método estandarizado para probar materiales in situ y en el laboratorio para determinar la conductividad térmica y resistividad térmica en suelos y rocas, esta técnica corresponde a la técnica del alambre caliente. El modelo matemático desarrollado para el método del alambre caliente considera una fuente lineal de calor, infinitamente larga y delgada, con una distribución de temperatura uniforme, que disipa un flujo de calor por unidad de longitud en un medio homogéneo e infinito, es importante señalar que en la práctica el alambre tiene dimensiones finitas. La suposición general es que la transferencia de calor hacia el medio es solamente por conducción y por lo tanto se incrementan en el tiempo la temperatura de la fuente y la del medio de prueba. El cálculo para estimar la resistividad térmica deriva de la ecuación general de difusión de calor de Fourier y está dada por $#T = Q/4\pi k [-\# + \ln(4\pi t/r^2)]$ donde $#T$ es el gradiente de temperatura, Q es la potencia disipada por unidad de longitud del alambre, k es la conductividad térmica del medio, $#$ es la constante de Euler, t es el tiempo de medición y r es el radio del alambre utilizado. Por lo tanto, después de evaluar la parte logarítmica de la ecuación, y derivar con respecto a $\ln(t)$, la conductividad térmica k se obtiene mediante $k = Q/4\pi [(d(#T))/d(\ln t)]^{-1}$. Por lo tanto, si la temperatura del alambre se mide en función del tiempo, la conductividad térmica k del medio en el que está inmerso es proporcional al flujo de calor por unidad de longitud del alambre e inversamente proporcional a la pendiente de la región lineal de la curva $#T$ versus $\ln(t)$.

SE02-14

DETERMINACIÓN DE NIVEL FREÁTICO DE LA ZONA MONTERREY Y SU ÁREA METROPOLITANA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TOMOGRAFÍAS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN DIFERENTES SITIOS

Cantú Hernández Oscar Guadalupe y Garza Rocha Daniel
 Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 oscar_cantu015@hotmail.com

En la actualidad el norte del país experimenta un incremento en la escasez de agua, un recurso natural imprescindible tanto para la vida como para el desarrollo económico, social y ambiental. Particularmente, durante los últimos tres años las condiciones ambientales y el desabasto de este recurso ha provocado grandes afectaciones a la población del área metropolitana de la ciudad de Monterrey, y también en el sur del estado de Nuevo León. Por lo que el aumento de la demanda del vital líquido hace necesario la extracción y el almacenamiento de grandes cantidades de agua, siendo la extracción de agua subterránea una alternativa, sobre todo en las zonas rurales. En el presente trabajo, la zona de interés es el área metropolitana de Monterrey donde se realizaron tomografías de resistividad eléctrica en distintos puntos para determinar el sitio con las mejores características para la extracción de agua subterránea, mediante la ejecución de pozos someros. Para aprovecharla óptimamente y que esta pueda ser incorporada a la red de suministro del estado. El actual trabajo presenta resultados obtenidos de los estudios geofísicos realizados.

SE02-15

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SITIO, MEDIANTE TÉCNICAS GEOFÍSICAS DE EXPLORACIÓN SOMERA

Reyna Flores Erik Alexis y Garza Rocha Daniel
 Facultad de Ciencias de la Tierra / Universidad Autónoma de Nuevo León, FCT / UANL
 erik.reynaftr@uanl.edu.mx

El estudio se enfoca en la caracterización geotécnica de sitio en un predio destinado a construcción, utilizando métodos geofísicos de exploración somera. El área de estudio se encuentra a 5 km al sureste de la ciudad de Reynosa, Tamaulipas con un ambiente geológico de tipo aluvial. La resistencia al corte del suelo es uno de los parámetros de ingeniería más críticos en la estabilidad de proyectos de obra civil. Por otro lado, el módulo de corte (G) es una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material elástico cuando se aplican esfuerzos cortantes. El propósito del estudio radica en estimar la resistencia al corte del suelo

mediante técnicas convencionales y cotejar los resultados con el módulo de corte (G), calculado a partir de la velocidad de onda S (V_s) y la densidad del material. El Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), es uno de los métodos más adecuados para estimar la velocidad de onda de corte. Este método se basa en las propiedades dispersivas de las ondas superficiales de tipo Raleigh (VR), empleando un arreglo de grabación multicanal que permite identificar y separar el ruido ambiental. En el presente trabajo se llevaron a cabo dos perfiles MASW con diferentes configuraciones de adquisición: Fixed Receiver spread y Roll-along End-on Spread. Para estos perfiles, se utilizaron 24 geófonos de 2 Hz, espaciados en intervalos de 5 metros y se realizaron 12 golpes con un mazo de 16 libras. Además, se realizaron Tomografía de Refracción Sísmica (TRS), Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y sondeos directos. En conjunto, estos métodos y sus propiedades físicas ofrecen una perspectiva detallada de la composición y estructura del subsuelo, proporcionando una representación en profundidad de la distribución de suelo y roca en los primeros 30 metros de profundidad.

SE02-16

INVERSIÓN DE ANOMALÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA MEDIANTE ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS

García-Muñoz Christian Omar, Méndez-Delgado Sóstenes y Soto-Villalobos Roberto
 Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
 omar.garciamnzn@uanl.edu.mx

En respuesta a los problemas inversos en geofísica se busca siempre tener el más mínimo error entre los datos observados y calculados (problema directo), para encontrar la mejor estimación de parámetros. Las principales preguntas que surgen en los problemas geofísicos inversos son acerca de la existencia, unicidad y estabilidad de la solución. Sin embargo la no unicidad para el problema inverso, se plantea como un problema de optimización con ciertas restricciones para mejorar el espacio de soluciones. En este trabajo se implementa un algoritmo de optimización metaheurística (Programación Evolutiva), para obtener los parámetros de cuerpos anómalos que se encuentran en el subsuelo a partir de la respuesta de la susceptibilidad magnética, teniendo en cuenta el campo magnético primario H_p y secundario H_s generados por un sistema de bobinas (transmisor-receptor) con diferente orientación.

SE02-17

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

Ocañas Fernández Ezequiel, Romero de la Cruz Oscar Mario,
 Ramírez Peña César Francisco y Méndez Delgado Sóstenes
 Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 ezequiel.ocanasfrn@uanl.edu.mx

Estudios geológicos en el norte del estado de Zacatecas reportan la existencia de una zona donde se encuentran estructuras geológicas mineralizadas, éstas pueden ser de minerales metálicos y no metálicos. La zona de interés se refiere al bloque San Julián, el cual es un sector que presenta una exhumación de basamento geológico, mismo que se extiende desde la saliente del municipio de Concepción del Oro hasta el sector transversal de Parras en el Distrito minero de Mazapil. Existen distintas estructuras geológicas de interés que están relacionadas con anomalías gravimétricas y magnéticas de carácter profundo. Específicamente al norte de la comunidad de Caopas, se observa a escala local un conjunto de estructuras que presentan mineralizaciones de Ag, Au, Pb, Cu, Sb, y sistemas de fracturas rellenas de barita. También se reportan distintos afloramientos de óxidos de hierro en forma de hematita localizados entre vetillas, o a lo largo de fallas. Es posible identificar vetas de cuarzo de espesor variable y de manera aislada, que en ocasiones presentan carbonatos o minerales metálicos diseminados. Derivado de las observaciones geológicas en campo, se pretende realizar un estudio geofísico utilizando los métodos potenciales gravimétrico y magnético, y realizar un análisis de ambos campos mediante un procesamiento clásico y modelado de datos para métodos potenciales. Como objetivo, se trata de determinar un modelo para estimar la extensión a la profundidad de estas estructuras mineralizadas, y establecerlo como punto de partida para prospección de yacimientos minerales, en la región norte del estado de Zacatecas.

SE02-18

SECUENCIA DE UN PROCESO DE MODELADO DE FORMA DE ONDA

Vázquez Zarate Elsy Lizbeth y Romero de la Cruz Oscar Mario
 Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 elsy.vazquez297@outlook.es

El registro de una onda sísmica en un receptor sísmico, es el resultado de un proceso físico de la transmisión de energía elástica desde la fuente generadora, pasando por la estructura interna de los materiales de la Tierra, hasta ser detectada en los sensores sísmicos. Durante el trayecto de una perturbación elástica, intervienen otros elementos como la absorción de energía y la interacción con el instrumento que recibe la perturbación en la superficie. Este proceso físico de interacción de diferentes elementos se representa mediante la operación de convolución, proceso

que permite la reproducción de una traza sísmica con fines comparativos a una forma de onda observada en un sismograma. Eventos sísmicos generados a distancias teleseísmicas ($30^\circ < \theta < 90^\circ$) facilitan el proceso del modelado de la forma de onda, ya que la perturbación elástica se propaga principalmente a través del manto, donde el material es más homogéneo que la corteza. Para eventos regionales ($0^\circ < \theta < 1000$ km), la energía se transmite mayormente en la corteza, donde los materiales presentan mayor heterogeneidad, y suelen complicar la estimación de la forma de onda. En este trabajo se pretende mostrar un proceso simple del modelo directo de estimación de forma de onda, tomando como arranque fuentes originadas a distancias teleseísmicas, y posteriormente para fuentes a distancias regionales. Se proponen formas simples para calcular los desplazamientos para la onda P en el campo lejano, utilizando la función de fuente orientada de acuerdo a los parámetros de falla, convolucionada con la función de Green; así mismo se incluyen los procesos de patrón de radiación, atenuación y respuesta instrumental.

SE02-19

NUMERALIA DE TESIS DE LICENCIATURA Y POSGRADO REALIZADAS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UANL, EN LOS CUALES SE HAN DESARROLLADO Y/O APLICADO PROGRAMAS DE CÓMPUTO PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LAS GEOCIENCIAS

Soto Villalobos Roberto, Méndez Delgado Sóstenes, Aguilar Madera Carlos Gilberto, Briones Carrillo Jorge Alberto, Romero de la Cruz Oscar Mario y Matías Pérez Víctor
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
roberto.sotovll@uanl.edu.mx

Muchas de las problemáticas de las Geociencias demandan el uso de herramientas computacionales dada la complejidad y gran cantidad de cálculos involucrados. Como parte de la formación de futuros profesionistas en esta disciplina, resulta esencial la asimilación de conocimientos y habilidades relacionadas con el uso o desarrollo de programas de cómputo. En ese sentido, en este trabajo se presenta un análisis de las tesis de licenciatura y posgrado realizadas en la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León a 40 años de su fundación. Los trabajos de tesis involucran la elaboración de programas de cómputo en lenguajes de programación como: C++, Matlab, R, Octave, etc, así como el uso de software especializado como Comsol Multiphysics y BOAST. En lo general, los programas desarrollados y/o aplicados tratan de la solución a problemas directos en las Geociencias, por ejemplo cálculo de anomalías de resistividad, gravimétricas, tiempos de arribo; así como en la solución a problemas inversos ya sea con técnicas metaheurísticas o a partir de operadores inversos. También se han realizado trabajos relacionados con la simulación numérica de yacimientos petroleros.

SE02-20

DESARROLLO DE UN SIMULADOR DE YACIMIENTOS TRIFÁSICO USANDO MÉTODOS DE BÚSQUEDA ALEATORIA

De-León-Jasso Brayan Eduardo¹, Aguilar-Madera Carlos Gilberto¹ y Cazarez-Candia Octavio²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

²Instituto Mexicano del Petróleo, IMP

brayan.23deleon@gmail.com

En este trabajo se describirá el desarrollo de un simulador de yacimientos petrolero trifásico usando métodos de búsqueda aleatoria. Las ecuaciones gobernantes partirán del enfoque ingenieril, basada en la teoría de Abou-Kassem (Abou-Kassem, J.H., Rafiqul Islam, M., Farouq Ali, S. M., Petroleum Reservoir Simulation – The engineering approach), el cual tiene una ventaja práctica para la simulación de yacimientos en problemas de hasta tres dimensiones con tres diferentes fluidos interactuando. El objetivo principal es resolver las ecuaciones utilizando métodos alternativos como lo es la implementación de heurísticas, las cuales tienen la ventaja de facilidad de programación. Además, se hace una comparación con métodos convencionales como es la solución por métodos iterativos para la solución de sistemas algebraicos. La formulación presentada puede extenderse fácilmente a problemas de mayor complejidad, tales como casos de simulación de recuperación mejorada, y estructuras geológicas complejas.

SE02-21 CARTEL

ESTUDIO PETROGRÁFICO Y GEOCRONOLOGÍA U-PB EN ZIRCONES DETRÍTICOS DE LAS UNIDADES CLÁSTICAS DEL TRIÁSICO SUPERIOR-JURÁSICO MEDIO AL SO DE GALENA, NUEVO LEÓN

Peña Guerrero Mariana, Rochin García Hermes y Martínez Sánchez Esmeralda

Servicio Geológico Mexicano, SGM

marianapena@sgm.gob.mx

En el Mesozoico, el rifting de Pangea y la apertura del Golfo de México generaron un amplio registro estratigráfico expuesto en el NE de México. El registro lo conforman sucesiones sedimentarias clásticas conocidas como Formación El Alamar, La

Boca y La Joya; y un paquete de rocas compuesto principalmente por sulfatos y carbonatos denominado Formación Minas Viejas. Los depósitos de la Formación Minas Viejas han sido interpretados como el primer registro de la transgresión marina en el Oxfordiano; no obstante, edades $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ obtenidas recientemente en conchas y roca total del Bajociano (~169 Ma) hasta inicios del Titoniano (~151 Ma) sugieren que el inicio del depósito ocurrió en el Jurásico Medio. En la parte intermedia de la Formación Minas Viejas afloran horizontes de limolita y arenisca volcanoclastica agrupadas como Miembro La Primavera. Edades U-Pb en zircón con SHRIMP en una roca del Miembro La Primavera se extienden desde el Jurásico Medio (~163 Ma) hasta el Ordovícico (~175-485 Ma), con las edades más antiguas interpretadas como herencia del basamento y la edad máxima de depósito considerada en el Jurásico Superior. Existen pocos estudios geocronológicos y petrográficos de las unidades clásticas mesozoicas y la Formación Minas Viejas al SO de Galeana. Con el objetivo de contribuir al conocimiento del área, este trabajo presenta la petrografía y la geocronología U-Pb en zircones detríticos incorporados a estas rocas. Las capas de arenisca de la Formación El Alamar son de composición feldespato-cuarzosa ($\text{Qt}76.9\%\text{F}14.9\%\text{L}8.2\%$), con líticos principalmente metamórficos de tipo metafelsíticos/metapsamíticos y metapelíticos rango 1, 2, 3 y 4. Discordantemente, por encima de la Formación El Alamar, están expuestos estratos de arenisca feldespato-lítico-cuarzosa ($\text{Qt}74.5\text{--}71.4\%\text{F}12.9\text{--}12.6\%\text{L}15.8\text{--}12.8\%$), con líticos de lutita, limolita, volcánicos felsíticos, y metapsamíticos/metafelsíticos y metapelíticos de rango 2, 3 y 4. De acuerdo con sus características petrográficas, esta unidad es semejante a las formaciones La Boca o La Joya. La principal diferencia entre ambas unidades es la presencia de líticos volcánicos en la unidad superior. Por su parte, las muestras del Miembro La Primavera corresponden a láminas de limolita compuesta predominantemente por cuarzo, minerales arcillosos y óxidos, con algunos clastos de plagioclasa, feldespato potásico y anfíbol. Las edades U-Pb en zircón del Miembro La Primavera van del Jurásico Medio al Proterozoico, con picos en ~1000 Ma, ~1130 Ma, ~440 Ma, ~300 Ma, ~250 Ma y ~170 Ma, y delimitan una edad máxima de depósito de ~172 Ma definida por tres cristales de zircón concordantes. De acuerdo con los resultados, las unidades clásticas en el área de estudio corresponden con la Formación El Alamar y La Joya. El Miembro La Primavera debería ser reconsiderado como una unidad exclusivamente siliciclástica con base en observaciones petrográficas y las edades de zircones detríticos; además, la gran similitud en los grupos de edades entre el Miembro La Primavera y la Formación La Joya sugiere un posible reciclaje de esta última.

SE02-22 CARTEL

PROCESOS TAXONÓMICOS EN FÓSILES REPRESENTATIVOS DEL NORESTE DE MÉXICO

Uribe Juan¹, Chávez-Cabello Alan¹, Tamez Garza Keith¹,
Gutiérrez-Alejandro Alejandra G.², González García Emma Gema¹,
Ramírez-Peña César F.¹, Chávez Cabello Gabriel¹ y Chacón Elizabeth³

¹FCT, UANL

²Universidad Autónoma de Coahuila

³UANL

baicalia2012@gmail.com

Los biofilmes microbianos son comunidades de microorganismos asociados a superficies bióticas y abióticas que crecen embebidos dentro de una matriz orgánica extracelular. Se considera actualmente que, bajo determinadas condiciones ambientales, los biofilmes microbianos son clave durante diferentes modalidades de fosilización, dado que hay evidencia circunstancial que sugiere que ciertos biofilmes microbianos promueven la preservación de tejido blando. Sin embargo, la contribución relativa de los biofilmes al proceso de precipitación mineral, su distribución espacial y su interacción bajo diferentes microambientes geobiológicos aún constituyen preguntas sin resolver. Este trabajo presenta una investigación sobre los fósiles de vertebrados de la Formación Agua Nueva en el afloramiento de Vallecillos, Nuevo León. Los resultados sugieren que la preservación de algunos restos de vertebrados está asociada a restos de biofilmes microbianos, por lo que se infiere que los biofilmes inducen procesos biogeoquímicos que inducen la precipitación mineral y la generación de microambientes reductores que promueven la preservación de material orgánico de manera diferencial. Además de los factores ambientales, la constitución bioquímica y morfología del organismo son factores determinantes durante el proceso tafonómico.

Sesión especial

REVISTAS DE GEOCIENCIAS, DIVULGACIÓN Y COMUNICACIÓN PÚBLICA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL ESPACIO

Organizadores

Caridad Cárdenas Monroy
Ericka Alinne Solano Hernández
Oscar Alberto Castro Artola

SE03-1

ENSEÑANZA Y COMUNICACIÓN DE LAS GEOCIENCIAS: REVISTA ARBITRADA PARA DOCENTES

Alaniz-Álvarez Susana Alicia¹, Gutiérrez-Navarro Rodrigo²,
Pilatosky-Gruner Raiza³ y Nieto-Samaniego Ángel Francisco⁴

¹Centro de Geociencias, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM³Estudios Planeteando

alaniz@geociencias.unam.mx

En los últimos años se han multiplicado los recursos didácticos virtuales para la enseñanza en todos los niveles. En vista de que las revistas científicas revisadas por pares han probado ser un medio eficaz para la transmisión de conocimientos, el Centro de Geociencias inició en 2022 la revista "Enseñanza y Comunicación de las Geociencias" (RECG) para transmitir los nuevos avances en enseñanza con el mismo esquema de una revista Golden Open Access: revisada por pares, de acceso abierto en internet, pero sin costo para los autores. Desde el 2023 está avalada por el Comité de Educación de la International Union of Geological Sciences (IUGS). Se ha considerado incluir a profesores para que participen como autores y como revisores de los tres niveles educativos. Hasta ahora, en tres números, se han publicado ocho artículos para el nivel básico, catorce para el nivel medio y ocho para nivel licenciatura. De los trabajos publicados destacan artículos sobre métodos de exploración geofísica usando datos reales, propuestas de aulas virtuales, explicación de prácticas de gamificación, propuestas de experimentos para explicar diferentes conceptos para primaria hasta licenciatura, enseñanza de lenguas extranjeras e indígenas usando ejemplos geológicos; excursiones virtuales: de un transecto de la Sierra Madre Occidental y de una zona de despegue que aflora de la Sierra Madre Oriental, entre otros. Esta revista puede ser consultada en: <http://encomunicacionct.geociencias.unam.mx/>.

SE03-2

REVISTA MAYA DE GEOCIENCIAS: UNA INICIATIVA DE DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA A PARTIR DE LA PANDEMIA DEL COVID-19

García Amador Bernardo Ignacio¹, Valencia Flores
Luis Ángel², Bartolini Claudio³ y Rosenfeld Joshua⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Instituto Politécnico Nacional, ESIA Ticomán³Senior Exploration Advisor at Consulting Exploration Americas, EE. UU.⁴Retired at Independent Researcher, EE. UU.

bernardoiga@gmail.com

La Revista Maya de Geociencias (RMG) nace en febrero de 2021, en plena pandemia del COVID-19, una iniciativa impulsada y ejecutada por colegas en diferentes partes del mundo para crear una revista digital, innovadora, libre y amistosa, para la divulgación y difusión de las Ciencias de la Tierra. El objetivo de la RMG: ser un espacio sin fines de lucro en el que las distintas generaciones de colegas en Ciencias de la Tierra de México, Latinoamérica y el mundo, puedan compartir sus experiencias, ideas e hipótesis, síntesis de publicaciones, fotos inéditas de afloramientos y petrografía, y demás miscelánea sobre las geociencias. Se eligió el nombre de Revista "Maya" de Geociencias, en honor a una cultura milenaria, esplendorosa y vigente, que enlaza el pasado y el presente; dándole así sustantividad e identidad a nuestro quehacer en la revista: articular a las nuevas y viejas generaciones de geocientíficos. Hoy en día (agosto 2023) la RMG tiene publicados 31 números de carácter mensual y 10 ediciones especiales (intermensuales). La RMG es una publicación mensual, internacional y bilingüe, con material tanto en español como inglés, y su estructura general se divide en las siguientes secciones: (1) semblanzas; (2) obituario; (3) resúmenes de tesis y publicaciones; (4) libros recomendados del mes; (5) temas de interés para la

comunidad; (6) fotografías de afloramientos/microscopio; (7) notas geológicas; y (8) misceláneos, en el que suele encontrarse la difusión de congresos, seminarios y charlas, así como un espacio para todos nuestros colegas artistas: "Caverna del arte". De las secciones anterior, las notas geológicas (i.e., trabajos inéditos de divulgación en diversos temas en las geociencias) son el corazón de la revista. Actualmente, el volumen total de notas geológicas supera las 115 contribuciones, de autores y coautores de varias partes de México, Latinoamérica y el resto del mundo (p.ej., EE.UU., China, Inglaterra, Francia, etc.). Cabe mencionar que la RMG ha consolidado vínculos de colaboración con 10 instituciones/sociedades/asociaciones en pro de la difusión y divulgación de las geociencias. La RMG cuenta con su propia página web (<https://revistamaya.com/>), en el que se pueden descargar de manera gratuita todos los números publicados. Asimismo, los retos de una sociedad cambiante nos han llevado a explorar otras herramientas de difusión, como la creación de un canal de YouTube (@RevistaMayaGeociencias). Sin embargo, los retos continúan y la RMG requiere de la retroalimentación y apoyo de la comunidad geocientífica, ya que este espacio está hecho por ustedes y para ustedes. Así que, compartir experiencias y dialogar sobre la dirección de la divulgación y difusión de las geociencias en México, Latinoamérica y el mundo, en un foro como la RAUGM, será invaluable para nuestra comunidad en las Ciencias de la Tierra.

SE03-3

TERRA DIGITALIS: REVISTA INTERNACIONAL DE MAPAS EN LÍNEA DE LA UNAM

López-Quiroz Penélope

Centro de Geociencias, UNAM

penelope@geociencias.unam.mx

Ven a conocer las novedades de Terra Digitalis! Es una revista internacional de mapas en línea, arbitrada e indexada. Coeditada por diversos Institutos y Centros de investigación de la UNAM. Descubre cómo puedes descargar los datos que están detrás de los mapas publicados en la revista y reutilizarlos para tu propia investigación. Conoce los videos que hemos creado, de la mano de Planeteando, para divulgar, entre públicos diversos, el conocimiento que comunican los mapas de la revista, haciendo énfasis en su utilidad. La revista forma parte de Latindex, DOAJ, MIAR y será sometida próximamente a SciELO y el SCI; sin embargo, también estamos convencidos del compromiso que tenemos con la sociedad para hacer asequible el conocimiento (Redalyc ha reportado que el 25% de sus lectores están fuera del ámbito académico).

SE03-4

CAMBIO CLIMÁTICO, ¿SABER O COMPRENDER?

Olvera Fuentes Norma Elizabeth y Gay García Carlos

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

norma.olvera@atmosfera.unam.mx

Los patrones de consumo y desecho de una población en continuo crecimiento han provocado una devastación en la contaminación de tierras, mares, lagos, ríos, presas, así como la extinción de numerosas especies animales. Sorprende que, aun en estos días, haya amplios sectores de la sociedad que consideran a las intervenciones humanas, despreciables en comparación con el tamaño de nuestro planeta, como si fuéramos diminutas hormigas en un interminable jardín. Sin embargo, tal visión dista totalmente de la realidad. Hace más de 126 años, Svante Arrhenius advirtió que la temperatura promedio del planeta se podría ver influenciada por la presencia de gases en la atmósfera que absorbieran el calor. Numerosas investigaciones multidisciplinarias, llevadas a cabo por los distintos equipos de trabajo del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), han determinado que las emisiones anuales de gases de efecto invernadero ocasionan los cambios observados actualmente en los patrones climáticos. Las consecuencias de estos procesos no se han hecho esperar, hoy en día la humanidad se enfrenta al que, posiblemente, sea el mayor reto

de supervivencia que, como especie, haya experimentado: el cambio climático. El continuo incremento en la temperatura promedio del planeta, está generando cambios en los patrones de precipitación que favorecen la ocurrencia de eventos extremos caracterizados por intensas lluvias o sequías, huracanes más poderosos y en general fenómenos meteorológicos más frecuentes y extremos. ¿Qué papel juega el proceso de enseñanza-aprendizaje ante el cambio climático? Este proceso es la base fundamental sobre la que se deberán de formar las nuevas generaciones, las cuales vivirán en un planeta que ya exhibe cambios drásticos en periodos muy cortos, y que las llevará a enfrentarse a problemáticas que no han tenido precedente en la historia de la humanidad a nivel global y con una razón de cambio acelerada. Si bien dentro del sistema educativo de nuestro país han ocurrido profundos cambios encaminados a romper paradigmas, también es cierto que en la práctica aún ocurre que, por la formación del docente, los contenidos y dinámicas realizadas en el aula estén centralizadas en él y no el alumno. No es extraño que, al término de su formación académica, los alumnos no apliquen en forma eficiente y con espíritu de cambio sus conocimientos; la información a la que estuvieron expuestos solo les representa datos que no tienen impacto en su vida real, con lo cual, lo aprendido en particular con respecto al cambio climático queda en el olvido. Como Richard Feynman nos mostró, dar un nombre a las cosas no es sinónimo de que se les entienda; comprenderlas sucede cuando se logran entender los procesos que ocurren. La finalidad de este capítulo de libro es dar respuesta a las preguntas: ¿La Tierra recibe o absorbe más energía?, ¿qué es el forzante radiativo y cuánta energía se libera diariamente a la atmósfera de la Tierra, comparativamente con una bomba atómica? y ¿aún hay esperanza para el futuro? Para esta última pregunta, la respuesta es sí, las matemáticas no mientan.

SE03-5

LA DIVULGACIÓN DEL PENSAMIENTO GEOCIENTÍFICO DEL SIGLO XX: EL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE LOS ARCHIVOS PERSONALES E INSTITUCIONALES

Castro Escamilla Minerva¹, Barrientos Bernabé Ofelia² y Sosa Jiménez Miguel A.³¹UNAM, Instituto de Geofísica, BCCT²UNAM, Instituto de Geología, BCCT³Servicio Sismológico Nacional

minerva@igeofisica.unam.mx

El pensamiento de las personalidades científicas del siglo XX y de algunas instituciones que han marcado el rumbo de las geociencias en México es un punto importante para entender y proyectar el manejo de estas ciencias en la actualidad. Dar a conocer por medio de la digitalización de los archivos personales e institucionales las ideas, los procesos administrativos y sobre todo los enlaces científicos generados para la creación de un área y el intercambio de conocimiento a nivel nacional e internacional para generar proyectos científicos o de divulgación, es de suma relevancia para contar con bases históricas que alimenten la parte científica y de divulgación de las publicaciones periódicas mexicanas, es decir, que se pueda contar con los documentos que personas del área generaron en su momento de acuerdo a los avances científicos existentes. Por ello, en el presente trabajo se ofrece el proceso de digitalización y registro electrónico de los archivos personales de tres importantes científicos del siglo XX que no solo ayudaron y establecieron las bases para la creación del actual Instituto de Geofísica de la UNAM, sino que formaron cada uno una escuela que hasta la fecha se continúa. Estos académicos son: el Ing. Ricardo Monges López, la Dra. Ruth Gal y la Dra. Silvia Bravo, que de manera separada ofrecieron las bases para la creación y desarrollo de la ciencia de su especialidad en el país. De igual manera, el trabajo del Ing. Monges como primer director del IGEF se ve reflejado en su archivo personal con información útil sobre diversas actividades académicas que se pueden consultar en texto completo para generar nueva ciencia a nivel divulgación y especializada. Así mismo, se presenta el trabajo realizado hasta el momento en la digitalización de dos de los archivos de los servicios que ahora administra el Instituto de Geofísica que son el del Servicio Sismológico Nacional con documentos que datan de los años 1897 a 1980 de forma general y el del Servicio Mareográfico Nacional, principalmente los documentos de su origen en la década de los años 70's. Este es un importante proyecto creado y administrado por el personal académico de la BCCT cuya proyección busca divulgar los orígenes de ambos servicios y con ello su aportación a las ciencias de la tierra nacionales.

SE03-6

DIVULGAR LA HISTORIA DE LAS GEOCIENCIAS DE MÉXICO: EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE COLECCIONES HISTÓRICAS DE LA BCCT

Armendáriz Sánchez Saúl¹, Castro Escamilla Ricardo César², Sosa Zaragoza Perla³ y Gómez González Carlos Daniel¹¹UNAM, Instituto de Geofísica, BCCT²UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, BCCT³UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, BCCT

asaaul@atmosfera.unam.mx

La divulgación científica en el área de las geociencias no es un tema nuevo, por el hecho de que existen documentos que datan, por lo menos en México, del siglo XVII en donde se hacen algunos estudios básicos sobre distintas disciplinas y se difunden por medio de incipientes revistas y anuarios de la época. En ese sentido, el presente trabajo ofrece una visión detallada sobre el proyecto de "Repositorio

Institucional (RI) de colecciones históricas de México", que la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra ha desarrollado para que se convierta en una herramienta que apoye el proyecto mundial de ciencia abierta y brinde de manera digital las colecciones históricas con que se cuenta en la BCCT, enfocándose principalmente a los artículos de revistas publicados en los años 1800 a 1910, sobretiros y folletos y libros de las distintas disciplinas de la especialidad. El RI ofrecerá, una vez concluido, más de 4500 documentos de las distintas especialidades de las geociencias de y sobre México, digitalizados en alta definición para que los interesados hagan uso de los materiales y conozcan y establezcan la evolución científica y los cambios temáticos que se han presentado a lo largo de más de once décadas en el país, en donde los usuarios encontrarán contenidos de revistas como el del Boletín del Instituto Geológico de México, los Parérmenes del Instituto de Geología, el anuario y la revista de la Sociedad Alzate, la revista La Naturaleza, entre otros materiales. El RI es un proyecto pionero en el manejo de las colecciones históricas que permiten la divulgación de las ciencias de la tierra y al mismo tiempo se hace uso de tecnologías de punta como el software DSpace y metadatos internacionales que brindan la posibilidad de transferir los contenidos entre distintas plataformas de información electrónica, facilitando con ello la divulgación a través de materiales de difícil consulta por sus condiciones físicas y cuidados que deben tener el material por la delicadeza de sus formatos.

SE03-7

LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA EN EL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL

Gómez-Ramos Octavio, Zarza Alvarado Miriam Arianna, Gutiérrez Quijada Sergio Valente y García Palacios Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM

octavio@igeofisica.unam.mx

Una de las actividades fundamentales del Servicio Mareográfico Nacional (SMN-UNAM) es la divulgación, tanto de los diversos productos que realiza como de todo lo relacionado con la ciencia del nivel del mar. Durante la pandemia generada por el virus SARS-CoV-2 todas las actividades presenciales de divulgación tuvieron que ser detenidas, lo cual forzó a buscar nuevos métodos de comunicación, principalmente haciendo uso de las redes sociales. Ahora que las actividades presenciales se han retomado paulatinamente, el SMN-UNAM ha podido retomar varias de las actividades de divulgación que hacía con regularidad. En esta presentación se hará una recapitulación de las distintas estrategias de divulgación que el SMN-UNAM ha empleado tanto en la época de confinamiento como en la actualidad.

SE03-8

DÍA DEL ASTEROIDE COMO OBJETO Y PRETEXTO PARA LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth¹ y Cordero Tercero María Guadalupe²¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

kcervantes@encit.unam.mx

El astrofísico y guitarrista de rock Brian May, el astronauta del Apollo 9 Rusty Schweickart, el cineasta Grigori Richters y la presidenta de la Fundación B612, Danica Remy propusieron celebrar por primera vez el Día del Asteroide el 3 de diciembre de 2014, simultáneamente desde Londres, San Francisco y New York, pero fue el 7 de diciembre de 2017 cuando la Organización de las Naciones Unidas instauró el Día Internacional del Asteroide para recordar el aniversario del evento de Tunguska sobre la Siberia Rusa en 1908. El objetivo del Día del Asteroide es dar a conocer a la población el riesgo por impacto asteroidal y concientizar a los dirigentes sobre los esfuerzos que se tienen que tomar para crear planes de defensa planetaria. El objetivo de este resumen es presentar el trabajo de comunicación de la ciencia que hacemos en la Universidad Nacional Autónoma de México para celebrar el Día del Asteroide. Las metas que perseguimos con la realización de estos eventos es difundir y educar sobre los siguientes aspectos: - La frecuencia eventos de impactos "pequeños" como Tunguska, Curuçá, Cheliabinsk y un par de eventos ocurridos en México. -Cómo se obtiene la composición de los asteroides a partir de las investigaciones en meteoritos y datos tomados in situ por misiones no tripuladas. - Conocimiento de la formación del sistema solar a partir de la interpretación de las rocas y su dinámica. Para lograr nuestro objetivo hemos llevado a cabo pláticas con especialistas, cine-debates, presentación de libros de divulgación de la ciencia, mesas redondas, talleres de origami, juegos, etc. Los resultados que hemos obtenido año con año desde el 2017 hasta el 2023 son los siguientes: - En los eventos hemos integrado a los alumnos de la Facultad de Ciencias y de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra con la finalidad de facilitar un aprendizaje significativo que refuerce el contenido de materias como Geología y Atmosferas Planetarias y Química Planetaria, entre otras. - Los eventos se han ofrecido para diferente tipo de público, ya sea estudiantil, académico y público en general. Esto es debido a los sitios que han sido sede, por ejemplo, desde los salones y auditorios de uso múltiple de la Facultad de Ciencias, Instituto de Geofísica, hasta eventos en el Museo UNIVERSUM y el centro Cultural "Pedro López Elías" en Tepoztlán, Morelos. -Durante la pandemia de COVID-19 de los años 2020 y 2021, el evento fue organizado en formato virtual en conjunto con la Fundación "Pedro López Elías", llegando al alcance del evento a otros puntos del país como San Luis Potosí, Monterrey, diversos sitios de Morelos, así como otros países Latinoamericanos

como Honduras y Guatemala. A raíz de estos esfuerzos no solo la población en general comienza a tener una mejor información, sino que el conocimiento está llegando a sectores tan importantes como el periodismo científico y CENAPRED. Por lo que vale la pena seguir trabajando en este evento de comunicación de la Ciencia.

SE03-9

DESMITIFICANDO LA DENSIDAD DEL AIRE: EL PAPEL DEL VAPOR DE AGUA

García Agustín y Almanza Veloz Víctor Hugo
Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 agustin@atmosfera.unam.mx

Al comparar las densidades del aire seco y húmedo, nos encontramos con una respuesta que puede ser contraria a nuestra intuición. Esta situación es común en las clases de Química Ambiental, Riesgo por Contaminantes Atmosférico e Ingeniería Ambiental, donde se plantea a los estudiantes la pregunta: ¿es más denso el aire seco o el húmedo? La respuesta, sin embargo, no sigue necesariamente nuestras suposiciones iniciales. Para comprender el papel fundamental que el vapor de agua desempeña en la composición del aire, se introduce un método que permite calcular con mayor precisión la relación de mezcla de masa, la humedad específica y el peso molecular promedio. Este enfoque resulta más preciso que el método convencional y proporciona una comprensión más clara de cómo el vapor de agua afecta propiedades físicas cruciales como la densidad del aire y el peso molecular aparente. Es importante destacar que la presencia de vapor de agua en el aire introduce un factor esencial que puede alterar nuestras expectativas. El método propuesto nos ayuda a desentrañar esta dinámica al considerar la relación de mezcla de masa, que representa la cantidad de vapor de agua en relación con la masa total de aire. A través de esta relación, así como de la humedad específica y el peso molecular promedio, obtenemos una visión más precisa de cómo se influye y modifica la densidad del aire en presencia de humedad. En resumen, al abordar la comparación de densidades entre el aire seco y el aire húmedo, se nos presenta una perspectiva que puede contradecir nuestras intuiciones iniciales. Para comprender cómo el vapor de agua afecta la densidad del aire y el peso molecular aparente, se presenta un método más preciso que considera la relación de mezcla de masa, la humedad específica y el peso molecular promedio. Esta aproximación ayuda a vislumbrar sobre cómo el vapor de agua desempeña un papel crucial en la caracterización de propiedades físicas del aire.

SE03-10

LA DIVULGACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA LA PRESERVACIÓN DEL SUELO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Lara Montiel Ilce Tlanezi¹, Mora Rodríguez Cecilia², Juárez Álvarez Claudia³, Lopera Gasca Ana Cecilia⁴, Varguez Ramírez Milagros⁵, Vázquez Martínez Carlos Manuel⁶ y Prado Pano Blanca L.¹

¹Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS-UNAM)

²Dirección de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de México

³Dirección General de la Divulgación de la Ciencia, UNAM

⁴Terramóvil UNAM

ilcelara.pueis@ic.unam.mx

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la CDMX son aquellas zonas que poseen los remanentes de los ecosistemas originales de la capital. La Ciudad cuenta con 25 ANP que representan el 14.61 % de su superficie. No obstante, debido a la presión urbana y las actividades humanas es importante que las ANP sean preservadas por su importancia en la provisión de los servicios ecosistémicos. El suelo de las ANP cumple un papel fundamental en dichos servicios debido a que ofrece soporte y nutrientes a las plantas, se encarga de infiltrar, filtrar, y amortiguar el agua de lluvia, lo cual determina la calidad de los acuíferos. Contribuye indirectamente a regular la temperatura y humedad, mejora la calidad del aire y reduce la liberación de CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, algunas actividades dentro de las ANP como las recreativas intensivas y desordenadas, la contaminación por residuos, y la extracción de especies de flora y fauna repercuten negativamente en el suelo y su función. Con el objetivo de divulgar la importancia del suelo de las ANP, el Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS-UNAM) en colaboración con el Programa de divulgación Terramóvil del Instituto de Geología de la UNAM, la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC-UNAM) y la Dirección de Áreas Naturales Protegidas del Gobierno de México realizan el proyecto "La divulgación como estrategia para la preservación del suelo de las ANP". El proyecto incluye varias etapas: la identificación de las principales amenazas del suelo de las ANP, la creación de un equipo transdisciplinario (académicos, divulgadores, gobierno de la Ciudad de México), el diseño de la estrategia, una prueba piloto, y su implementación. La estrategia consiste en el diseño de un conjunto de tres infografías cuyo objetivo es influir en el público para realizar un cambio positivo de comportamiento, esto al considerar que las infografías plantearán de forma clara y atractiva la importancia del suelo de las ANP, mostrarán de qué manera nuestras actitudes pueden maltratarlo o cuidarlo, y propondrán acciones puntuales para conservarlo. De esta manera, también se busca generar reciprocidad, y un sentido de desafío y propósito por el suelo de las ANP. La prueba piloto consiste en mostrar las infografías a un grupo pequeño de visitantes de las ANP y a través de una encuesta se pretende evaluar si los conocimientos y emociones que se desean transmitir efectivamente se transmiten al público, lo cual indicará una mayor

probabilidad para que los visitantes de las ANP cambien su comportamiento en acciones que permitan su conservación. La última etapa es la implementación, una vez que nos aseguremos que los conocimientos y emociones deseadas se transmiten, se distribuirán las infografías por varias vías: se publicarán en las redes sociales de las entidades participantes, se colocarán en los accesos de las ANP que pueden ser visitadas, y se utilizarán como material didáctico por parte de los educadores ambientales de las ANP en los diversos eventos y actividades que se realicen. En este trabajo se presentarán los primeros resultados.

SE03-11 CARTEL

“¿POR QUÉ NO ME AVISÓ MI PERRO?” LIBRO DE DIVULGACIÓN DE LA SISMOLOGÍA PARA NIÑOS Y JÓVENES

Cárdenas Caridad¹ y Peña Emmanuel²

¹Servicio Sismológico Nacional, SSN

²Kolectivo Jajaja

caridad@sismologico.unam.mx

La enseñanza de la ciencia es un pilar fundamental en la educación, y cuando se trata específicamente de temas de sismología en un país tan activo sísmicamente como México, se hace todavía más relevante. Las revistas y libros de divulgación científica desempeñan un papel clave, por eso, un libro sobre sismos especialmente diseñado para niños y jóvenes se presenta como una herramienta de gran utilidad. Se convierte en una oportunidad valiosa para proporcionarles conocimientos básicos respecto a esta disciplina y, al mismo tiempo, fomentar su interés por la ciencia. “¿Por qué no me avisó mi perro?” es una obra publicada recientemente por Ediciones Castillo, Macmillan Education Company, dentro de su colección Giroscopio 12+, la cual está dirigida a adolescentes y público juvenil. El libro cuenta con ocho secciones presentadas en forma de preguntas, además de un par de listas con información relacionada con los terremotos más destructivos y un glosario de términos sismológicos. Algunas de las preguntas que se responden en el libro son: ¿se puede saber con exactitud cuándo temblará?, ¿la crisis ambiental u otro suceso natural ha hecho que tiemble más?, ¿hay manera de provocar un sismo?, ¿hay distintos tipos de sismos?, entre otras. Todas se explican en lenguaje sencillo, ejemplos y fragmentos de “literatura sísmica”. La iconografía que acompaña a este tomo tiene un diseño original y colorido, con ilustraciones conceptuales que por sí mismas encierran significado, muy ad hoc para un libro de sismología pues pueden parecer tener “efectos sísmicos”. Uno de los aspectos más destacables de este libro es su capacidad para despertar la curiosidad tanto en jóvenes como en el público en general. Al presentarles la información de forma accesible y entretenida sobre los conceptos científicos relacionados con los terremotos, se les brinda una oportunidad única para aprender y satisfacer su sed de saber. Este libro de divulgación científica sobre sismología no sólo proporciona conocimientos esenciales acerca de esta disciplina, sino que también es una invitación a combatir el miedo que a veces nos provoca lo incierto al tiempo que ayuda a desmitificar ciertas creencias sin fundamento científico que circulan en torno al fenómeno sísmico.

SE03-12 CARTEL

COMUNICANDO EL CAMBIO: HACIA UN DIÁLOGO INCLUSIVO EN GEOCIENCIAS

Solano Hernández Ericka Alinne¹ y Cárdenas Monroy Caridad²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Servicio Sismológico Nacional, SSN

esolano@enesmorelia.unam.mx

A partir del análisis de las gráficas que ilustran la presentación de trabajos presentados cada año en la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (RAUGM), hemos observado las tendencias y patrones respecto a la relación que existe entre las áreas del conocimiento y el género de los autores principales. A partir de los resultados intentamos responder la pregunta: ¿qué podemos hacer para mejorar la representatividad de trabajos presentados por mujeres como primera autora en todas las áreas, en especial en Sismología, Exploración Geofísica, Modelación, entre otras? Con esto también buscamos aportar a la discusión y contribuir hacia la construcción de un entorno académico que valore todas las voces, reconociendo que la igualdad y la diversidad son impulsoras de la creatividad y avance en las geociencias. Esperamos permear hacia los profesores de geociencias y el público para escuchar ideas, proyectos, recursos didácticos y pedagógicos que permitan tener una participación diversa y equitativa.

SE03-13 CARTEL

PROCESOS FÍSICOS QUE OCURREN EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN

Gasca Ortiz Tzitali y Pantoja González Diego A.

Universidad de Guadalajara, CUCEI

tzitali.gasca@academicos.udg.mx

El Lago de Zirahuén es uno de los cuerpos de agua mejor preservados en México, es un lago de alta montaña de tipo monomítico y oligo-mesotrófico. Desafortunadamente el lago al igual que otros cuerpos de agua alrededor del mundo se ha visto afectado por la explotación irracional de recursos, además de las fuentes de contaminación de los asentamientos locales, el pastoreo de animales

y el cambio de uso de suelo, entre otros. La finalidad de este trabajo es presentar los resultados obtenidos de mediciones y modelación numérica para informar a la población las características importantes del lago, tales como profundidad y generación e intensidad de las corrientes.

Sesión especial

LIMNOLOGÍA FÍSICA

Organizadores

Tzitzlali Gasca
Diego Pantoja
Jorge Montes

SE04-1

MODOS DE OSCILACIÓN EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN

Barba Flores Elsa Ximena¹, Pantoja González Diego A.² y Gasca Ortiz Tzitzlali³¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara²Universidad de Guadalajara, CUCEI

ximena.barba@alumnos.udg.mx

Este proyecto busca caracterizar las ondas superficiales que se producen en el Lago de Zirahuén ubicado en el municipio de Salvador Escalante, Michoacán. Consta de dos enfoques, uno es teórico y el otro se basa en la simulación por computadora. En la parte teórica se utiliza un modelo idealizado del lago en el que se considera que éste es una capa de agua rectangular con batimetría uniforme. Utilizando este modelo físico se parte de las ecuaciones de continuidad y momento para obtener las ecuaciones que describen el comportamiento de las ondas superficiales en un modelo de aguas someras. Con las ecuaciones obtenidas para el modelo de aguas someras es posible calcular una aproximación de las características de las ondas superficiales que se producen en el lago de Zirahuén. Utilizando Delft3d se realizan distintas simulaciones variando algunos parámetros para validar que las ondas en el Lago de Zirahuén pueden ser descritas bajo un modelo de aguas someras.

SE04-2

DINÁMICA DE CORRIENTES 3D Y CONECTIVIDAD EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MÉXICO

Almanza Galván David Omar¹, Pantoja González Diego A.¹ y Gasca Ortiz Tzitzlali²¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara²Universidad de Guadalajara, CUCEI

daviel.almanza8783@alumnos.udg.mx

El Lago Zirahuén (LaZ) es un lago tropical profundo, y ecológicamente todavía uno de los mejores conservados de México. La variabilidad estacional está marcada por la mezcla vertical en invierno, y procesos de estratificación en verano al formarse la termoclina y las principales capas: epilimnion, metalimnion e hipolimnion. La caracterización hidrodinámica y la conectividad interna son importantes por sus aplicaciones: por ejemplo, en la dispersión de contaminantes o microorganismos y evaluación del riesgo de potenciales zonas afectadas, el flujo de nutrientes en la columna de agua, etc. Este tipo de fenómenos se relacionan directa o indirectamente con problemáticas reales vinculadas al deterioro de la calidad del agua del lago. En este trabajo se plantea resolver numéricamente la circulación 3D y la conectividad hidrodinámica interna en LaZ para los periodos cálido e invernal del año en base al campo de velocidades, con énfasis en el movimiento vertical. Los datos utilizados constituyen series temporales de observaciones in-situ: campos de temperatura (CTD), batimetría, forzamientos meteorológicos, así como trayectorias de boyas a la deriva desplegadas durante experimentos de campo. El modelo numérico Delft3D-FLOW acoplado con un modelo de partículas, calcula las velocidades de las corrientes y las trayectorias de deriva de múltiples elementos de fluido que parten de sitios iniciales. De esta manera, se estima la conectividad al utilizar funciones de densidad de probabilidad lagrangeanas (LPDF) para diferentes escalas temporales ($t = 1, 3, 7$ y 15 días). Esta variable cuantifica y describe la probabilidad de movimiento dentro del LaZ. Como resultado, el rasgo hidrodinámico más importante es la variabilidad direccional del campo de velocidades superficial en respuesta a la tensión del viento. El movimiento horizontal se divide en dos centros de circulación opuestos: ciclónico al norte y anticiclónico al sur, con ligeras diferencias estacionales en extensión. Este régimen predominante genera corrientes de borde más intensas, causantes de la dispersión del material de desecho y otras sustancias a lo largo de la costa. Además, durante el invierno se desarrollan celdas de circulación verticales que indican la probable penetración de masas de agua desde superficie a capas inferiores. El intercambio vertical es inhibido durante el verano por la estratificación. Por otro lado, la conectividad superficial responde principalmente al forzamiento de viento, causando patrones horizontales de rápido cambio que alcanzan distancias superiores a 1km en las primeras 24 horas. La conectividad vertical entre capas es más probable y muy superior en invierno, pero se evidencia sólo entre epilimnion y metalimnion con probabilidades ($>80\%$). En verano, las probabilidades se distribuyen en el epilimnion ($<10m$), ya que las partículas se concentran y mantienen en la capa superficial para todos los lapsos temporales t . Finalmente, este modelo de conectividad se asocia directamente con patrones

dispersivos derivados del movimiento lagrangeano, por tanto, es posible hacerlo extensible a otras regiones y también adaptar el análisis a procesos específicos.

SE04-3

ANÁLISIS EVOLUTIVO DE LOS CAMBIOS MORFOMÉTRICOS DEL LAGO DE ZIRAHUÉN EN 2 DÉCADAS

Ruiz-Sevilla Gerardo¹, Gómez-Tagle Chávez Alberto¹, Ayala Ramírez Gloria Lariza¹, Rendón López Martha Beatriz¹, Ruiz Ayala Mara Lizeth² y Rendón Guzmán Irlanda Jaqueline³¹Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH²Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo³Facultad de Biología

gruizs@umich.mx

Las características morfológicas de un cuerpo de agua definen la disposición de los compartimentos de los mismos, siendo los principales de manera vertical la región litoral (márgenes) y la región limnética (aguas libres) y, de manera horizontal la zona somera (poco profunda) y la zona profunda (gran columna de agua) (Sperling, 1999). De manera paralela encontramos que la morfometría trata de la cuantificación de las formas del lago y de sus elementos (Håkanson, 1981). La forma y el tamaño de un lago afectan los parámetros físicos (contenido calórico, movimientos de agua), químicos (dinámica de nutrientes y otros elementos) y biológicos (productividad primaria y dispersión de organismos) del mismo, reflejan su origen y sus procesos evolutivos (Wetzel, 2001). El Lago de Zirahuén, ubicado en el estado de Michoacán, México, es un cuerpo de agua natural que ha sufrido las consecuencias del cambio de uso de suelo de su cuenca en sus características morfométricas. Con el objetivo de analizar estos cambios ocurridos en las últimas dos décadas, se llevó a cabo un estudio batimétrico exhaustivo utilizando una ecosonda marca Speed Tech con capacidad de lectura de 0.6096 a 70 m de profundidad. Se obtuvieron 687 puntos distribuidos homogéneamente en toda la superficie del lago. El procesamiento de datos se realizó mediante el empleo de Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 10.5 y Surfer V15) y los periodos analizados fueron de los años 2002 (Ruiz, 2002) y 2022. Para el año 2002 se registraron las siguientes características morfométricas: área total 9.34Km², profundidad máxima 45.0m, profundidad media 21.59, longitud máxima de 4.32km y una amplitud de 3.94km. Mientras que para el año 2022 la superficie del espejo de agua fue de 9.37Km², una profundidad máxima 45.7m, profundidad media 22.00, longitud máxima de 3.97km y una amplitud de 4.36km. Los resultados morfométricos encontrados muestran similitud en ambos periodos sobre todo en el área y profundidad, sin embargo; existen cambios significativos principalmente en el volumen que disminuyó en un 11.44 % desde el 2002 lo que muy probablemente se deba al ingreso de materiales provenientes de la cuenca y que son resultado de procesos erosivos que se incrementan principalmente durante la época de lluvias y que se acumulan especialmente en la región del afluente "La Palma", reduciendo lenta y paulatinamente su volumen, dando lugar a la formación de "playones" someros dentro de los primeros metros de profundidad. Las conclusiones derivadas de la investigación realizada en este cuerpo de agua ofrecen una visión detallada de su perfil topográfico y características morfométricas. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la gestión de recursos naturales y la conservación del lago. Esto hace necesario respetar el área federal, una zona de amortiguamiento, programas de planeación estratégica del uso de suelo, y restauración de la zona forestal en la cuenca media y alta de Zirahuén.

SE04-4

COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y DINÁMICO, BATIMETRÍA Y CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN LOS LAGOS 'EL SOL' Y 'LA LUNA', NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Barba López María del Refugio¹, Filonov Anatoliy², Avalos CuevaDavid², Monzón César² y Velázquez Muñoz Federico Ángel²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad de Guadalajara

marybarba90312@gmail.com

La comprensión de los procesos físicos que ocurren en un lago es de gran importancia para el manejo del sistema, ya que guardan una estrecha relación con los procesos químicos y biológicos que se desarrollan en él. Es de especial

relevancia generar información en el área de la limnología física de lagos de alta montaña, dado que estos sistemas han sido identificados como indicadores del cambio climático global. En este trabajo se presentan los resultados de un estudio observacional de algunas características físicas de los lagos 'El Sol' y 'La Luna', ubicados en el cráter del volcán Nevado de Toluca. Por la dependencia que guarda el comportamiento térmico y dinámico de los lagos con las variaciones en los parámetros atmosféricos, y con el objetivo de comprender su correlación, se analizaron algunas variables como temperatura ambiental y velocidad del viento. Asimismo, se presentan los resultados un recorrido batimétrico en los lagos en cuestión, el cálculo del flujo de calor entre el sedimento del lago 'El Sol' y el cálculo del balance hídrico en este mismo cuerpo de agua.

SE04-5

ANÁLISIS DE LOS LAGOS DE LA CANTERA ORIENTE, CIUDAD UNIVERSITARIA, UTILIZANDO VANT, RADIOMETRÍA Y DATOS IN SITU

Aguirre Gómez Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
raguirre@igg.unam.mx

El objetivo de este trabajo es mostrar el potencial de estudios combinados de sensores remotos provenientes de vehículos aéreos no tripulados (VANT) y mediciones radiométricas hiperespectrales con datos hidrobiológicos colectados in situ, en el estudio sistemático de lagos urbanos. Por sus dimensiones, estos lagos requieren para su estudio de sensores con una alta resolución espacial y temporal, y datos colectados en campo para validar las observaciones. Los VANT poseen características que los hacen idóneos para esta tarea. La Cantera Oriente contiene, entre otros ecosistemas, cinco cuerpos de agua. Para este estudio se realizaron dos muestreos in situ en 2019: 1) febrero (secas) y 2) septiembre (lluvias). Los vuelos con VANT se efectuaron simultáneos a los muestreos. Los resultados obtenidos muestran una alta correlación estadística entre la concentración de clorofila y la reflectancia a 550 nm, principalmente en los lagos sur y centro de la Cantera. Esta correlación es reforzada, cualitativamente, con las imágenes tomadas con el VANT. Se concluye que con una calibración adecuada es posible hacer un seguimiento sistemático de éste y de cualquier embalse con imágenes tomadas desde VANT.

SE04-7

MONITOREO SATELITAL DE LA EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS BIO-ÓPTICOS RELACIONADOS CON LA SALUD DE LA BAHÍA DE OUIRA EN SINALOA

Poom-Medina José Luis¹, Jiménez-Escalona José Carlos² y Arvizu-Flores Aldo Alejandro³

¹Universidad de Sonora, UNISON
²Instituto Politécnico Nacional, ESIME TICOMAN
joseluis.poom@unison.mx

El Golfo de California es un ecosistema complejo, de gran biodiversidad, cuyas características atraen el interés científico dada la cantidad de procesos biogeoquímicos y físicos del mismo. La presencia de materia indeseable en superficies marinas en el mundo requiere del uso de herramientas de monitoreo continuo que entreguen información útil en la predicción de tales elementos en la superficie marina para eventualmente tomar medidas precautorias. En este trabajo se presenta el monitoreo de cianobacterias durante 5 años, el método utilizado para ello y el procesamiento de imágenes almacenadas por satélites de observación de la Tierra del programa OCEAN COLOR de NASA. La presencia de cianobacterias productoras de cianotoxinas se ha evaluado mediante productos de imágenes satelitales con éxito para cuerpos de agua dulce estancada, como lagos y lagunas, más no se ha evaluado en zonas costeras como el golfo de California. Este ambiente tiene un clima subtropical con variaciones climáticas que van desde anuales hasta diarias, con temperatura promedio anuales cercana a los 24 °C y otros factores ambientales que pueden contribuir a la producción de cianotoxinas. Para este estudio se están utilizando imágenes del sensor MODIS-Aqua de la NASA obtenidas del sitio web de la NASA (<http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>). El sensor MODIS obtiene información en 36 bandas espectrales en las regiones visible e infrarroja del espectro electromagnético (0.405 – 14.385 µm) con datos en tres resoluciones espaciales (250 m, 500 m y 1000 m). La región del espectro utilizada para observar las condiciones del océano corresponde a las bandas del rango visible 10 (488 nm) y 12 (551 nm) del sensor MODIS. Estas dos bandas se utilizan para la detección y estimación de varios elementos como clorofila, Coeficiente de atenuación de Luz difusa (Kd490) y Carbono Orgánico Particulado (POC). El satélite Aqua se encuentran en una trayectoria orbital polar a 705 km sobre el nivel del mar, con un ancho de franja de 2330 km. El sensor MODIS-Aqua captura 288 imágenes al día, pasando sobre el área de interés dos veces al día: una durante la noche (entre 01:30 y 02:30 hora local) y otra durante el día (entre 12:30 y 13:30 hora local). Para el monitoreo de las variables del océano, las técnicas de percepción remota están basadas en los datos de reflectancia de la luz solar, por lo que solo es posible obtener información de estos datos con imágenes obtenidas durante las horas de luz de día. Sin embargo, puede haber ocasiones en que las imágenes no pudieron ser utilizadas debido a factores como que la zona de estudio se encontró en los bordes de la imagen; o las condiciones meteorológicas y presencia de nubes no permiten la observación de la zona de interés. La obtención de modelos a partir de datos de monitoreo satelital que describan el crecimiento de cianobacterias se requiere para apoyar la toma de decisiones que impacten la salud ambiental y humana

SE04-8

ON THE BASIC PHYSICAL ASPECTS OF A FRAGILE TROPICAL KARSTIC LAKE: BACALAR LAGOON

Carriño Laura¹, Yescas Mario¹, Nieto Oropeza Mario Oscar², Elías Gutiérrez Manuel², Alcérreca Huerta Juan C.³, Palacios Hernández Emilio⁴ y Reyes Mendoza Oscar F.³

¹El Colegio de la Frontera Sur, Department of Observation and Study of the Land, the Atmosphere and the Ocean, Chetumal, Mexico
²El Colegio de la Frontera Sur, Department of Systematic and Aquatic Ecology, Chetumal, Mexico
³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-El Colegio de la Frontera Sur, Department of Observation and Study of the Land, the Atmosphere and the Ocean, Chetumal, México
⁴Universidad de Guadalajara, Department of Physics, Mexico

lcarriño@ecosur.mx

Bacalar Lagoon is a fragile tropical karstic lake in the Yucatan Peninsula, considered one of the major epicontinental aquatic systems in the region. This study presents the morphometry and hydrometeorological characterization of Bacalar Lagoon. The main body of the lake is 52.7 km in length and has a variable width ranging from 0.18 km to 2.28 km with an average of 1.54 km. It also shows a surface area of 59.12 km², with a calculated total volume of 554.4 million of cubic meters, a shoreline development index of 6.19, and a mean depth of 8.85 m. The northern portion of the lake reaches up to 26 m. In the south, there are three aligned sub-lacustrine dolines with depths of 38 m (Cenote Cocalitos), 48.5 m (Cenote Esmeralda), and 63.6 m (Cenote Negro). An effective fetch of ~6 km develops for the predominant wind direction from the southeast (100°- 112° from the North). A seasonal pattern in water temperature occurs, which correlates with air temperature variations. Extreme meteorological events, such as tropical storms, hurricanes, cold fronts, and tropical waves, can cause changes in the water level. Water quality shown by the apparent color and transparency changed during tropical storm Cristóbal 2020, lasting up to 12 months. During 2010-2012, the rainfall was below its mean climatic value, associated with the prolonged La Niña event.

SE04-9 CARTEL

VARIACIONES TÉRMICAS E HIDRODINÁMICA DEL LAGO CRÁTER DE SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT

Avalos Cueva David, Vázquez González Luis Ernesto, Filonov Anatoliy, Barba López María del Refugio y Monzón César Octavio
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
david_avalos_cueva@hotmail.com

El lago cráter de Santa María del Oro (SAMAQ), ubicado en el estado de Nayarit, México, presenta características hidrodinámicas y patrones de temperatura que merecen un análisis detallado. En este estudio, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la variabilidad térmica y la dinámica hidrológica del lago SAMAQ. La variabilidad de la temperatura en el lago fue evaluada utilizando datos recopilados durante un periodo de seis años (2000-2006) en diferentes estaciones del año. Se utilizó un perfilador SBE-19 plus para obtener mediciones precisas. Los resultados revelaron que la temperatura superficial del lago muestra una variación anual más pronunciada en comparación con la temperatura en las capas más profundas. Esta variación puede ser atribuida a la influencia directa de los cambios estacionales en los parámetros ambientales en las capas superficiales. Por otro lado, la temperatura en las capas más profundas presenta una variabilidad más limitada debido a su menor susceptibilidad a los cambios ambientales. Además, se observó que el lago de SAMAQ se encuentra estratificado durante la mayor parte del año, con la excepción de los meses de febrero y marzo, cuando se produce una mezcla completa de la columna de agua. Este fenómeno puede ser atribuido a la disminución de la radiación solar y la presencia de vientos invernales en la zona durante ese periodo. Al mismo tiempo, se utilizó una variante del modelo numérico HAMSOM integrado en la vertical, para evaluar la dinámica de las corrientes en el lago. Las simulaciones revelaron velocidades mínimas durante las primeras horas del día, incrementándose progresivamente a partir del mediodía y alcanzando su máxima magnitud durante la noche. Estos resultados proporcionan información valiosa sobre los patrones de circulación del agua en el lago. Este estudio representa una contribución significativa al conocimiento de la limnología física del lago cráter de Santa María del Oro. Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la limnología, y pueden ser de utilidad para el diseño de estrategias de gestión y conservación de este importante ecosistema acuático.

SE04-10 CARTEL

INTEGRACIÓN DE OPTIMIZACIÓN Y MODELACIÓN HIDRODINÁMICA: CASO LAGO DE CHAPALA

Gasca Ortiz Tzitzili y Pantoja González Diego Armando
Universidad de Guadalajara, CUCEI
tzitzili.gasca@academicos.udg.mx

El Lago de Chapala es el lago más grande de la república mexicana, desafortunadamente el lago se ve afectado por el deterioro de la explotación irracional de sus recursos, además de las fuentes de contaminación de descargas industriales, asentamientos locales y cambio de uso de suelo, entre otros. En este estudio se presentan observaciones de variables físicas del lago (2014) a través de termistores y de mediciones con CTD. Además, se presentan resultados numéricos de la circulación y procesos de dispersión para el periodo de muestreo. En los últimos años, el aprendizaje automático (Machine Learning ML) ha tenido un avance

significativo en aplicaciones de geociencias, pero su aplicación a la predicción hidrodinámica en los lagos mexicanos aún se encuentra en sus primeras etapas. Este trabajo de aprendizaje profundo es para explorar y predecir distribuciones espaciotemporales de la temperatura de la superficie del lago.

SE04-11 CARTEL

ANÁLISIS NUMÉRICO Y OBSERVACIONAL DE LA DESCARGA DE SEDIMENTO EN EL LAGO DE CHAPALA EN ENERO DEL 2020

Loza Rodríguez Eduardo¹, Gasca Ortiz Tzitali¹, Pantoja González Diego A.¹ y Sotomayor Quijada Liczy²

¹Universidad de Guadalajara, CUCEI

²Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

eduardo.loza4969@alumnos.udg.mx

En este proyecto se realizó un análisis de dispersión de partículas en el Lago de Chapala debido a la descarga de sedimento en el lago por el río Lerma en enero del año 2020. Se utilizó el modelo numérico Delft3D para realizar una representación del fenómeno para posteriormente hacer una comparación con combinación de bandas de imágenes de satélite de la zona. Por medio de esta comparación se obtuvo un porcentaje de error aceptable entre las imágenes de satélite y el modelo numérico.

SE04-12 CARTEL

EVALUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO Y MORFOMETRÍA DE UN LAGO URBANO SEMITROPICAL (LAGUNA DE ZACAPU, MICH)

Rendón López Martha Beatriz¹, Ayala Ramírez Gloria Lariza¹, Medina Chávez Geovanni², Rendón Guzmán Irlanda Jaqueline², Ruiz Ayala Mara Lizeth³, Medina Ávila Julio César⁴, Tagle Chávez Alberto Gómez² y Ruiz Sevilla Gerardo¹

¹Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH

²Facultad de Biología

³Facultad de QFB-UMSNH

⁴Parque Zoológico Benito Juárez, Gobierno del Estado de Michoacán

beatriz.rendon@umich.mx

De la gran diversidad de lagos, los lagos urbanos son los menos cuidados, debido a que son absorbidos por la mancha urbana y se descuida su manejo, normalmente a ellos descargan gran diversidad de contaminantes y soportan cambios de uso de suelo de gran intensidad. Las actividades antrópicas en la periferia y en su cuenca reflejan una pobre salud ambiental en los mismos. Un ejemplo de ello es la laguna de Zacapu, Michoacán que se encuentra inmersa en la ciudad del mismo nombre. Debido a que da origen al Río Angulo, se constituye como el cuerpo de agua más importante de la región y debido al crecimiento urbano, extracción de agua, azolvamiento y el ingreso de contaminantes de origen doméstico e industrial su degradación se ha acelerado. Para entender la dinámica hidro-física de esta laguna, y ayudar en el diseño de estrategias hacia un mejor aprovechamiento, manejo, conservación y restauración, se determinaron sus parámetros morfométricos y su comportamiento evolutivo. De acuerdo a la UNESCO (1981), a partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua, lo que permite conocer cuál es el elemento importante de los diferentes componentes como: precipitación, evaporación, flujos, evapotranspiración, etc. (Acreman y Holden, 2013). Con ello se puede favorecer su conservación y la distribución sustentable de la misma para las diversas actividades propias de la urbe. Por lo que también se determinó un balance hídrico anual en la laguna. Para ello se realizó un reconocimiento de campo que permitió delimitar el perímetro y con él, diseñar un programa de ecosondeo, determinación de las variables morfométricas y elaboración de los mapas correspondientes apoyados con los Sistemas de Información Geográfica. Al mismo tiempo se registraron la temperatura, precipitación, evaporación de una estación climática instalada en la zona, así como los registros de entradas y salidas de agua. Los resultados del balance hídrico indicaron que es de 51.24Mm3 anuales, el volumen de entradas a la Laguna fue de 256.89 Mm3, de salidas fue de 205.65Mm3, indicando que la laguna se encuentra en equilibrio hídrico. Se obtuvo un área de 256,973.0m2, un perímetro de 4,642.5m. La profundidad máxima fue de 17.0m, longitud máxima de 701.8m y la amplitud máxima de 500m. En conclusión, la Laguna de Zacapu presentó pérdida por evapotranspiración durante 9 meses, pero los meses de junio-agosto favorecieron al balance positivo. Por su morfología se determinó como un ecosistema joven, la sedimentación se evidencia en la salida hacia el río Angulo, y en zonas litorales cerca de las áreas de servicio turístico, reduciendo su profundidad. Finalmente, la variable más importante que mantiene el balance hídrico es el aporte de agua de manantiales internos en la laguna.

SE04-13 CARTEL

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN DOS LAGOS DE ALTA MONTAÑA EN EL VOLCÁN DEL NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Tereshchenko Iryna, Filonov Anatoliy, Avalos Cueva David, Barba López María del Refugio y Monzón César

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

iryna.tereshchenko@academicos.udg.mx

Los lagos volcánicos representan ecosistemas asombrosos donde los procesos termodinámicos presentan una relación compleja con las variables atmosféricas. Este estudio presenta un análisis completo del régimen de temperatura, dinámica y balance hídrico de los lagos de El Sol y La Luna, ubicados en el cráter del volcán Nevado de Toluca en México. El objetivo de este estudio es el comprender la compleja relación entre los procesos termodinámicos y las variables atmosféricas en lagos tropicales de alta montaña. Para esto se realizaron mediciones conjuntas meteorológicas e hidrológicas para evaluar el régimen térmico y la dinámica de los dos lagos. Además, se utilizó análisis espectral y modelos numéricos para evaluar la circulación y el impacto del viento en las fluctuaciones del nivel del lago. El estudio mostro que las ondas internas de gravedad inducidas por el viento y las oscilaciones de seiches libres causan fuertes fluctuaciones diurnas en la temperatura y el nivel del agua en ambos lagos. La penetración de la energía solar se ve afectada por la transparencia del agua y la densidad de las algas, siendo las densidades más altas las que conducen a una menor transparencia y una menor penetración de calor. El estudio también mostró que el esfuerzo del viento causa un patrón de circulación en sentido horario en el Lago El Sol y un patrón en sentido antihorario en La Luna. Por lo cual, el estudio destaca los desafíos de planificar y mantener equipos en áreas de alta montaña y la importancia de comprender las complejas relaciones entre los procesos meteorológicos, los regímenes térmicos y los balances hídricos en estos ecosistemas únicos de lagos de alta montaña.

Sesión especial

EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y METALOGÉNESIS
DE LOS YACIMIENTOS MINERALES DE MÉXICO

Organizadores

Martín Valencia Moreno

Mélanie Noury

Rafael Del Rio Salas

SE05-1

MAGMATISMO DEL CRETÁCICO TARDÍO EN SONORA,
MÉXICO: IMPLICACIONES METALOGÉNÉTICASValencia Moreno Martín¹, Ochoa Landín Lucas² y Del Río Salas Rafael¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad de Sonora, UNISON

martin.valencia@unam.mx

Después de que las acreciones tectónicas en el margen occidental de México cesaron (~100-90 Ma), la actividad magmática cordillerana aumentó su tasa de migración hacia el continente alcanzando el oriente de Sonora a los ~60 Ma. Aunque esto debió ocurrir de manera sostenida hasta el fin de la compresión (~40 Ma), la distribución de edades muestra un arreglo atípico al inicio de esta migración. Haciendo una restauración de la extensión cenozoica en el noroeste de México, se puede ver que las edades de ~90-80 Ma se localizaban en la región cercana al paleomargen continental. En Sonora esta zona se ubica en la actual zona costera en la región de Bahía Kino. Sin embargo, estudios recientes basados en edades U-Pb en zircones apoyan la presencia de un cinturón magmático relativamente angosto con edades similares que se extiende por la región oriental del estado. La distancia entre ambas regiones, sin considerar los efectos de la extensión, es de unos 300 km. En base a un modelo clásico de subducción de tipo andina no es posible explicar estas edades asumiendo un solo punto de fusión parcial en el manto astenosférico, particularmente porque en ese momento la placa debió estar bastante inclinada para generar un arco magmático cercano al margen continental. Un modelo de doble arco que explique el arco más interno no funciona aquí, porque no existen los indicadores geológicos que lo sostengan. Una explicación más plausible sería suponer un segundo punto de fusión parcial generado por la deshidratación de la flogopita a unos 200 km de profundidad. Este punto, demostrado por los petrólogos, generaría un magmatismo menos profuso que quizás explique las firmas adakíticas en una zona más alejada de la trinchera. Por otra parte, es claro que la mineralización asociada, caracterizada por skarns de Cu-Zn-Ni-Co y depósitos de hierro magmático es también atípica y requiere de un modelo tectonomagmático particular. A manera de hipótesis de trabajo se propone aquí la existencia de una franja angosta de unos 50-70 km de ancho que se extiende en dirección NW-SW por unos 300 km, probablemente hasta el norte de Sinaloa. Esta franja incluye el skarn de Cu-Zn-Ni-Co de la Esperanza y el depósito de hierro magmático de La Cuesta de Fierro, en la región de Bacanora, el depósito de hierro magmático de El Volcán, en Rosario de Tesopaco, y el depósito de skarn de Au-Co de Sara Alicia, al noreste de Álamos. Esta franja surge entonces como una región que debe ser explorada con mayor detenimiento, bajo la premisa de que representa una tipología distinta en Sonora.

SE05-2

SIMULACIÓN DEL PROCESO MAGMÁTICO
CON ASIMILACIÓN Y CRISTALIZACIÓN
FRACCIONADA PARA EL SISTEMA DE PÓRFIDO
DE COBRE EN BUENAVISTA DEL COBRESantillana-Villa Cecilia¹, Valencia-Moreno Martín¹, Ochoa-Landín Lucas² y Del Río-Salas Rafael¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad de Sonora, UNISON

cecilia.santillanav@gmail.com

Las concentraciones de REE en rocas plutónicas asociadas a sistemas de pórfido de cobre en Sonora y Arizona indican un cambio sistemático en la anomalía negativa de europio observada en la roca precursora del sistema, a una anomalía menos negativa e incluso positiva en el plutón mineralizante. Con el objetivo de entender mejor el proceso petrogenético involucrado se realizó un modelado para la formación del depósito de Buenavista del Cobre en Sonora, en el noreste de México. Esto se hizo utilizando el programa Magma Chamber Simulator desarrollado en la Universidad de Santa Barbara, California, EUA, asumiendo un proceso de cristalización fraccionada con asimilación y cristalización fraccionada (AFC y FC). El modelado se hizo en dos etapas a partir de un magma de composición intermedia

alojado en la corteza media, del cual se formó la Granodiorita Cuitaca, considerada como la roca promotora de la mineralización de Buenavista del Cobre. La primera etapa se basa en un proceso de cristalización fraccionada de un magma basáltico de carácter calcoalcalino con asimilación de rocas del basamento paleoproterozoico, caracterizadas por el Esquisto Pinal, iniciando en la base de la corteza continental a 30 km de profundidad. La segunda etapa del modelado está controlada por cristalización fraccionada sin asimilación a partir de un magma alojado en una cámara magmática situada a 8 km de profundidad, y cuya composición corresponde a la Granodiorita Cuitaca. Durante el proceso de enfriamiento, esta cámara generó una columna que cristalizó un pórfido cuarzo-feldespático a 3 km de profundidad. Los resultados de la simulación muestran que en la primera etapa se asimiló un 35% de la roca encajonante y cristalización de las fases minerales de feldespato, ortopiroxeno, olivino, clinopiroxeno y espinela. En la segunda etapa, las fases minerales corresponden a feldespato, cuarzo, anfíbol, óxidos y biotita. Además, fue posible definir un cambio en la trayectoria de la evolución del magma que podría estar relacionada con la ocurrencia del feldespato potásico en la parte final de la cristalización fraccionada. Un modelado simple utilizando los coeficientes de partición en separados minerales sugiere que el fraccionamiento del anfíbol que se formó en equilibrio con el magma mineralizante pudiera ser un candidato para explicar los cambios observados en la anomalía de europio. Esto podría haber ocurrido en paralelo con un cambio en el sistema magmático hacia un ambiente más oxidante para favorecer el Eu+3 sobre el Eu+2. Consideramos que esta señal química entre el intrusivo precursor y el plutón porfídico podría ser de utilidad en la exploración de yacimientos minerales de este tipo.

SE05-3

ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOQUÍMICO COMPARATIVOS
ENTRE PLUTONES PRODUCTIVOS Y NO
PRODUCTIVOS EN LA MINA BUENAVISTA DEL
COBRE, CANANEA, SONORA, NW DE MÉXICOCastro-Orduño Carlos¹, Valencia-Moreno Martín¹, Ochoa-Landín Lucas² y Del Río-Salas Rafael¹¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad de Sonora, UNISON

carlos_co17@hotmail.com

La formación de los yacimientos de tipo pórfido de cobre requiere condiciones tectónicas y fisicoquímicas que controlan la fertilidad del magma precursor. Estas condiciones incluyen la generación de un magma calcoalcalino que promueva la concentración de los fluidos acuosos con los elementos metálicos, una corteza continental engrosada que permita la evolución de una cámara magmática en la parte mesozonal de la corteza (~8-10 km) donde se genera el intrusivo principal, y una columna de magma conectado a la cámara que cristalice y desgasifique el sistema magmático-hidrotermal en niveles más someros de la corteza (1-3 km). La presencia de agua en el magma, concentrada por la cristalización de minerales máficos en múltiples ciclos de cristalización (segunda ebullición), es el ingrediente fundamental para la formación del magma y el fluido que se encarga de formar el sistema mineralizado en una zona de baja presión donde el cobre se vuelve incompatible con el fluido (primera ebullición). Químicamente, el magma mineralizado exhibirá concentraciones de algunos elementos traza que son distintas a las del intrusivo precursor. Estos elementos son útiles como indicadores de fertilidad, destacando entre ellos los resultados de Ti, La, Yb, Y, Eu, y Zr. Se colectaron muestras para geoquímica de roca total del intrusivo precursor, así como de las fases porfíricas productoras y no productoras de la mineralización. El objetivo principal fue investigar si existen diferencias elementales que ayuden a discriminar entre los plutones asociados con la mineralización de cobre, de aquellas que no lo están. Las relaciones La/Yb varían en un rango de 19.71-68.72 para los pórfidos productivos y de 11.98-16.34 para el plutón precursor. Respecto al Y, los resultados obtenidos se encuentran en el rango de 3.3-24.4 para los productivos y 26.0-29.4 para los precursores. En cuanto a Eu/Eu*, los valores oscilan entre 0.75-1.03 para plutones productivos, 0.55-0.75 para los estériles y 0.60-0.66 para el precursor. Los valores de TiO₂ se sitúan entre 0.22-0.54 para los productivos, 0.41-0.52 para los estériles y 0.96-0.99 para los precursores. Las relaciones de Zr/ (Eu/Eu*) indican valores de 159.96-242.28 en los productivos, 223.19/309.7 para los estériles y 351.74-434.72

en los precursores. Los valores que resultaron ser mejores indicadores son los TiO_2 y Eu/Eu^* , ya que logran discriminar de manera más clara entre los pulsos precursores, estériles y productivos. Dado el grado considerable de alteración sericitica en la mayoría de las muestras, el resto de los parámetros químicos resultó menos conclusivo. Estos resultados sugieren que la geoquímica de elementos traza en roca total podría ser una herramienta valiosa para la clasificación de la "fertilidad" de los intrusivos en sistemas de pórfido de cobre.

SE05-4

PETROGÉNESIS Y GEOCRONOLOGÍA EN BUENAVISTA DEL COBRE (CANANEA): EVIDENCIAS DE SOBREIMPOSICIÓN DE SISTEMAS MAGMÁTICO-HIDROTHERMALES

Almada Víctor¹, Noury Mélanie¹, Calmus Thierry¹, Poujol Marc², Cogné Nathan², Barrera-Moreno Edgardo³ y Del Río-Salas Rafael¹

¹Estación Regional del Noroeste, UNAM

²Géosciences Rennes, Université Rennes 1, CNRS, UMR 6118 Francia

³Grupo México

victormalmada@gmail.com

El depósito de Buenavista del Cobre es el mayor productor de cobre en México. La mineralización hipogénica se presenta de forma diseminada y en vetillas en cuerpos porfídicos y en las rocas encajonantes, así como en brechas hidrotermales tipo pipe. Este yacimiento de tipo pórfido de cobre se caracteriza por presentar al menos cuatro fases porfídicas distintas reconocidas mediante relaciones de corte y por su composición mineralógica y su textura. La primera intrusión fue nombrada informalmente como "porfido feldeespático" y se caracteriza por la aportación limitada de Cu y Mo al sistema. Posteriormente, se emplazaron los pórfidos La Colorada y 755 que se identifican como los principales aportadores de Cu y Mo en el yacimiento. El pórfido 8-110 se caracteriza por ser una intrusión en forma de "stock" asociada a brechas de turmalina y por aportes menores de Cu y Mo. Esta característica del yacimiento sugiere la presencia de múltiples sistemas-magmáticos hidrotermales relacionados a la formación de la mineralización hipogénica del depósito. Sin embargo, las edades de cristalización de estas intrusiones no están bien constreñidas. Además, los procesos petrogenéticos que condujeron a la formación de las distintas intrusiones porfídicas asociadas a la mineralización no están claramente definidos. Presentamos nuevas edades de cristalización y enfriamiento de los diferentes intrusivos porfídicos utilizando los métodos U-Pb en zircón y apatito combinado con elementos traza en apatito para corroborar la existencia de intrusiones múltiples y caracterizar su evolución magmática. Los resultados geocronológicos muestran diferentes edades de cristalización (a nivel 2#) para las intrusiones porfídicas demostrando que existieron múltiples sistemas magmático-hidrotermales sobrepuestos en Buenavista del Cobre durante el Paleoceno. La composición en elementos traza de los apatitos indica que todas las intrusiones porfídicas pasaron por un proceso de cristalización fraccionada dominada por allanita y titanita. Los magmas asociados a la formación de pórfidos más fértiles en Cu y Mo revelan una cristalización fraccionada dominada por plagioclasa, mientras que los menos fértiles son dominados por anfíboles (hornblenda). A su vez, las anomalías de Eu en apatito son ligeramente menos pronunciadas en los pórfidos más fértiles en comparación con los intrusivos menos fértiles. Además, las edades de zircones heredados, identificados en las diferentes intrusiones porfídicas sugieren que fueron contaminadas principalmente por rocas Jurásicas y en menor proporción por rocas sedimentarias Paleozoicas. Estos datos sugieren que el depósito gigante de Buenavista del Cobre es el resultado de la sobreimposición de múltiples sistemas magmático-hidrotermales de corta duración con un tiempo de vida total de ~5 Ma. La evolución magmática de los distintos magmas porfídicos y su relación con la capacidad de transporte de Cu y Mo muestra diferencias notables en cuanto a los procesos petrogenéticos que actuaron durante su formación. Los procesos de cristalización fraccionada jugaron un rol importante en el desarrollo de una mejor mineralización entre una intrusión y otra. Esta característica se ve reflejada directamente en su aportación de Cu y Mo al sistema demostrando la utilidad del apatito como una herramienta en la exploración minera.

SE05-5

DEPÓSITOS EPITERMALES DEL OLILOCENO-MIOCENO SOBREIMPUESTOS A SISTEMAS DE PÓRFIDO DE COBRE EN EL NW DE MÉXICO: CASO LA COLORADA, SONORA

Ochoa Landín Lucas¹, Palafox Luna Cristal¹, Valencia Moreno Martín², Paz Moreno Francisco¹ y Del Río-Salas Rafael²

¹Universidad de Sonora, UNISON

²UNAM

lucaso.geologia@gmail.com

En el noroeste de México se tienen diferentes tipos de depósitos minerales en los que destaca la presencia de sistemas epitermales y pórfidos de Cu-Mo. Los depósitos epitermales de baja sulfuración (LS) y alta sulfuración (HS) se distribuyen a lo largo de una franja con dirección NW-SE a lo largo de la parte oeste de la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental, con edades de mineralización entre el Eoceno tardío – Oligoceno, donde la gran mayoría de los depósitos son de tipo BS y solo algunos de ellos corresponden a depósitos de tipo AS. Dentro de

esta franja destacan los depósitos de Dolores, Pinos Altos, Ocampo y Palmarejo; y para los depósitos de HS, destacan los depósitos de Mulatos, La India y El Sauzal. Por otro lado, los sistemas magmático-hidrotermales de tipo pórfido de cobre se presentan relacionados espacial y temporalmente a stocks porfídicos en ambientes subvolcánicos asociados a arcos en zonas de subducción. Actualmente se conocen al menos 60 depósitos de este tipo en esta región del país, entre los cuales resaltan Buenavista de Cobre y La Caridad como los más grandes y productivos en México. La tectónica extensiva en el noroeste de México produjo una intensa extensión y exhumación de los sistemas de pórfido de cobre en el Mioceno, durante el desarrollo de la provincia Basin and Range. Algunos de ellos fueron seccionados y basculados, provocando la disposición y exposición de estos depósitos cerca de la superficie y donde sistemas hidrotermales más juveniles y someros fueron sobreimpuestos, como sucede en algunos casos en esta región de México, especialmente en la Mina La Colorada. Este sistema se caracteriza por la presencia de oro y plata en vetas y vetillas. La mineralización consiste en galena, esfalerita, pirita y calcopirita, con alteración de sericitita y silicificación asociada. Una edad K-Ar en sericitita indica 23 Ma para estas vetillas, las cuales cortan y se sobreimponen a un sistema de vetillas de cuarzo + feldespato potásico, y vetillas de cuarzo + molibdenita # pirita-calcopirita, con una edad Re-Os en molibdenita de 72.3 ± 0.4 Ma. Esto sugiere que el depósito de La Colorada es un sistema relativamente atípico caracterizado por un depósito epitermal de baja sulfuración de Au-Ag del Oligoceno emplazado sobre un sistema de tipo pórfido de Cu-Mo del Cretácico Tardío.

SE05-6

VETAS DE AU $\pm$ CU $\pm$ FE RELACIONADAS A UN SKARN, DEPÓSITO RENGUITO, SUROESTE DE CHIHUAHUA: ASOCIACIONES MINERALES Y FLUIDOS MINERALIZANTES

Hernández Muñoz Diana Fernanda¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio² y Cervantes José Martín³

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

³Grupo Minero Dilor

indiencatslover@gmail.com

El depósito Renguito se ubica en el municipio de Morelos, suroeste de Chihuahua, representa un prospecto minero con vetas de Au $\pm$ Cu $\pm$ Fe. El depósito se localiza dentro del cinturón NW-SE de Cu y Au del noroeste de México, dentro del dominio sur del cinturón mexicano de pórfidos de Cu, entre las regiones mineras de Choix y San José de Gracia. La estratigrafía consiste de un basamento Jurásico-Cretácico de pizarras, lutitas, tobos, areniscas y lentes de conglomerados y calizas del Subterreno Tehue, Terreno Compuesto Guerrero, intensamente deformado y cortado por una serie de rocas plutónicas del Cretácico tardío que varían desde dioritas a cuarzo-monzodioritas con texturas porfídicas y faneríticas, cubiertas localmente y discordantemente por ignimbritas andesíticas y brechas volcánicas andesíticas del Paleoceno comprendidas dentro del Complejo Volcánico Inferior. La secuencia estratigráfica es afectada por fallamiento normal y normal con componente lateral de orientaciones preferenciales NW-SE, NE-SW y NNW-SSE. La mineralización comprende vetas pseudobandeas de grano grueso y vetas-brechas sigmoidales de cuarzo-hematita de orientación NW-SE, principalmente, hospedadas en rocas intrusivas y en intervalos de lutitas y areniscas de la secuencia de basamento. Las alteraciones hidrotermales se manifiestan desde skarn, sericitita, propilitica, argilica, argilica intermedia y oxidación, con las asociaciones de diópsido, cuarzo y pirita con tremolita-actinolita, epidota, monacita y cuarzo sobreimpuestas, moscovita y cuarzo, dispuestas en el área, clinozoisita, clinocloro cuarzo y pirita espacialmente relacionada a las vetas, cuarzo con montmorillonita o caolinita, generalmente adyacente a las vetas. La mineralización metálica consta de oro nativo, calcopirita, wolframita y estibinita microdiseminadas, hematita especular dispuesta en bandas y agregados cristalinis. Las asociaciones minerales fueron determinadas mediante petrografía, minerografía, espectroscopia de infrarrojo de onda corta (SWIR) y microscopía electrónica con análisis de química mineral semicuantitativa (EDS). La asociación mineral y texturas muestran una paragénesis generalizada en dos eventos traslapados: (1) una relacionada a metamorfismo de contacto y metasomatismo, y (2) una de carácter hidrotermal. La etapa 1 representada por diópsido, tremolita-actinolita, moscovita y la etapa 2 con epidota, clinocloro y minerales de arcilla. La mineralización metálica se encuentra relacionadas a la etapa 2 de mineralización. Los fluidos mineralizantes reconocidos paragenéticamente en inclusiones fluidas complejas son del tipo $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{NaCl}$ y $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$. Las inclusiones muestran grados de relleno variables con temperaturas eutécticas entre -57 y -59 °C, temperaturas de homogenización entre 475 y 220 °C y salinidades entre 2 y 20% en peso de NaCl. La tendencia de los datos microtermométricos y texturas sugieren eventos de mineralización de muy alta (~ 400 °C) a alta (~ 320 °C) y moderada (~ 240 °C) temperatura con procesos de ebullición y dilución durante la mineralización. La relación espacial de los halos de alteración, las asociaciones minerales, paragénesis y datos microtermométricos, en ligados al contexto geológico sugieren que las vetas del depósito Renguito conforman una mineralización de Au distal relacionada a un skarn.

SE05-9

FORMACIÓN DEL YACIMIENTO DE COBRE EXÓTICO DE EL PILAR (SONORA), APORTES DE LA GEO-TERMOCRONOLOGÍA

Noury Mélanie¹, Lesage Bastien², Almada-Gutiérrez Víctor¹, Poujol Marc², Cogné Nathan², Derycke Alexis², Barrera-Moreno Edgardo³, Branquet Yannick², Del Río-Salas Rafael¹, Gallagher Kerry² y Calmus Thierry¹

¹Estación Regional del Noroeste, UNAM

²Géosciences Rennes, Université Rennes 1, CNRS, UMR 6118 Francia

³Grupo México

mnoury@geologia.unam.mx

El yacimiento de El Pilar está situado en la provincia de pórfidos de cobre de Sonora-Arizona donde las mineralizaciones de cobre suelen presentarse asociadas a intrusiones porfídicas, brechas-pipe hidrotermales, stockworks o de manera diseminada. El yacimiento El Pilar destaca por una inusual mineralización exótica de crisocola alojada en una unidad conglomerática como recubrimiento y vetillas en clastos de brechas altamente silicificadas. El conglomerado consta de tres miembros. El miembro inferior, estéril, contiene solamente clastos de rocas volcánicas. El miembro intermedio que alberga la totalidad de la mineralización, contiene, además de los clastos mineralizados de brecha hidrotermal, clastos de rocas volcánicas y de granitos estériles. Ambos miembros son basculados de más de 45° por una falla normal de orientación E-W y son cubiertos en discordancia angular por el miembro superior, horizontal, estéril y compuesto exclusivamente de clastos de granitos. La fuente de los sedimentos corresponde al bloque de piso de la falla normal donde afloran areniscas intercaladas con rocas volcánicas, dos intrusivos (una monzonita interpretada por similitudes texturales como equivalente al granito Cananea de ~1400 Ma y una diorita del Cretácico), un pequeño stock porfídico con una mineralización hipogénica contemporánea de Cu-Mo, así como una brecha hidrotermal altamente silicificada y rica en cobre (pero donde no se ve la mineralización exótica de crisocola). Dado que la mayoría de los depósitos de pórfido de cobre en la región ha sido descubierta, la exploración actual se enfoca en la búsqueda de depósitos exóticos. Por lo tanto, comprender mejor los procesos que rigen la formación de las mineralizaciones supergénicas en la región es un objetivo primordial para la exploración minera. Presentamos un modelo genético de la formación del yacimiento exótico de El Pilar basado en un estudio geo-termodinámico inédito combinando análisis U-Pb en zircones y U-Pb, trazas de fisión y (U-Th-Sm)/He en apatitos. Se determinó una edad cretácica para la monzonita, lo cual implica que intruyó las rocas volcánicas, para las cuales se obtuvo una edad jurásica. Cuantificamos la historia de exhumación del bloque de piso de la falla normal mediante termocronología de baja temperatura a lo largo de un barreno de 900 m de profundidad en la monzonita. La exhumación del bloque de piso ocurrió rápidamente entre ~30 y ~20 Ma y luego deceleró. El fechamiento U-Pb de zircones detríticos del miembro inferior del conglomerado arrojó una edad máxima del depósito de ca. 17 Ma, contemporánea de la extensión Basin and Range en la región. Por lo tanto, proponemos que un fluido rico en cobre, proveniente de la lixiviación entre ~30 y ~25 Ma de la mineralización hipogénica precipitó dentro de la brecha hidrotermal. Esta brecha mineralizada por procesos supergénicos, fue posteriormente erosionada (después de 17 Ma) durante la exhumación del bloque de piso y quedó almacenada en forma de clastos ricos en crisocola en el miembro intermedio del conglomerado. La datación de los eventos supergénicos por primera vez en la región da nuevos criterios y pautas para la exploración minera.

SE05-10

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA CON XAS DEL MN EN RESIDUOS DEL DISTRITO MINERO DE SAN FELIPE DE JESÚS, SONORA

Loredo-Portales René¹, Del Río-Salas Rafael Eduardo¹, Moreno-Rodríguez Verónica² y Morales-Pérez Arturo³

¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

²3 Ingeniería en Geociencias, Universidad Estatal de Sonora, Av. Ley Federal del Trabajo s/n, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83100#.#####

³Instituto de Geología, UNAM

rloredop@geologia.unam.mx

Los minerales desempeñan un papel fundamental en una amplia gama de procesos terrestres, por lo que el estudio de sus propiedades estructurales, composición e interacciones con los diversos componentes del entorno terrestre adquieren relevancia. Por ejemplo, la estequiometría y el grado de cristalinidad son cruciales para comprender la movilización de los minerales y sus ambientes de formación. Las técnicas de rayos X con sincrotrón representan una herramienta invaluable para analizar diversos aspectos de los minerales, como: textura, composición química, estructura de coordinación y sustituciones minerales. Además, posibilitan el estudio de cambios mineralógicos, incluso en la escala nanométrica. En específico la Espectroscopía de Absorción de rayos-X (XAS), permite determinar no solo la estructura, sino también la química de coordinación de átomos específicos en los minerales. El estudio presentado ejemplifica la aplicación de XAS, en combinación con la Difracción de rayos X y la química húmeda, en la investigación de los cambios geoquímicos del manganeso (Mn) en residuos del distrito minero de San Felipe de Jesús, Sonora. El objetivo es comprender la dinámica geoquímica del Mn en el contexto de suelos agrícolas y depósitos mineros históricos, con un enfoque en la evaluación de su potencial toxicidad y riesgo ambiental. Esto último debido a

que el Mn está presente en los residuos en porcentajes de hasta 10% y no se considera normalmente como un elemento que represente un riesgo para el medio, aunque este puede movilizarse entre los compartimentos ambientales y participa en una amplia variedad de reacciones químicas. Además, los organismos expuestos a cantidades importantes de Mn pueden desarrollar efectos tóxicos que se ligan con sus especies químicas y estados de oxidación. Los resultados obtenidos indican que los suelos agrícolas cercanos a los depósitos mineros históricos muestran signos de impacto debido al enriquecimiento de Mn procedente de estos. En los residuos, el Mn adopta principalmente estados de oxidación 2+, principalmente como formas químicas asociadas a silicatos, aunque existe movilidad del Mn que está directamente relacionada con el grado de intemperización de los residuos. En estos, las fases minerales dominantes identificadas con XAS son hausmannite y espesartina, minerales comunes y característicos de la mineralización de la zona. En el suelo agrícola el Mn muestra cambios geoquímicos importantes que incrementan su grado de movilidad hasta en un 50% del contenido total (~0.3% w). En el suelo, el Mn presenta diversos estados de oxidación (2+, 3+ y 4+), principalmente como formas químicas asociadas a hidróxidos de hierro, solubles e intercambiables, el Mn contenido en estos grupos puede ser potencialmente liberado al medio. De acuerdo con los espectros de XAS, en los suelos agrícolas se presentan fases minerales como Hausmanita, spesartina, birnesita, szmikita y schachita. En estos la movilidad en el medio y disponibilidad del Mn para los organismos del suelo, se encuentra asociada particularmente a las fases minerales szmikita y schachita. Estos hallazgos contribuyen significativamente al entendimiento de la dinámica geoquímica del Mn en sistemas suelo-agua afectados por actividades mineras, ofreciendo perspectivas valiosas para la gestión ambiental y la mitigación de riesgos.

Sesión especial

APLICACIONES GEOFÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉRMICA

Organizadores

Marco Calò

Francisco Muñoz Burbano

Matteo Lupi

Claudia Arango Galván

Violeta Mirthala Reyes Orozco

SE06-1

ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL DE VELOCIDAD DE ONDA S DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO, MÉXICO

Cruz Hernández Favio y Gallardo Delgado Luis Alonso

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
fcruz@cicese.edu.mx

La aplicación de una nueva metodología de tomografía de ruido sísmico en el campo geotérmico de Cerro Prieto, Baja California, México, muestra un modelo tridimensional de la velocidad de onda S (V_s) hasta 3 km de profundidad. El modelo es comparable con la estratigrafía, fallas, profundidades de explotación del Campo geotérmico; y revela regiones de interés para exploraciones futuras. La comparación de V_s con otros parámetros físicos (resistividad, velocidad de onda P, factor de calidad) estimados en las últimas dos décadas, muestra conductas entre los parámetros, que podrían ser considerados como criterios para seleccionar profundidades de interés para explotar el recurso o apoyar a la ingeniería de yacimientos.

SE06-2

LOCATION OF SEISMIC VELOCITY CHANGES DURING GEOTHERMAL OPERATIONS AT DOMO DE SAN PEDRO GEOTHERMAL FIELD IN NAYARIT, MEXICO

Munoz Burbano Francisco Javier¹, Calò Marco²,
Savard Genevieve³, Reyes Violeta⁴ y Lupi Matteo⁵¹ Université de Genève, UNIGE² Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM³ Université de Genève⁴ Grupo Dragón

francisco.munozburbano@unige.ch

The Domo de San Pedro Geothermal field, located in the westernmost part of the trans-Mexican volcanic belt, is part of a silicic volcanic complex. Geothermal energy is exploited since 2015 from 5 wells between the surface and 3 km deep. We used a continuous seismic dataset of a seismic temporary network composed of 20 broadband stations operating from March 2021 to January 2022. We investigated the seismic response of the geothermal field to the stimulation, production, and fluid re-injection operations across the geothermal wells. First, we applied classical seismic methods for microseismicity location, producing a catalog of earthquakes using a dedicated velocity model for the geothermal field, alongside combining ambient noise imaging and the stations collapse sensitivity method to identify the spatial distribution of velocity anomalies. Next, we implemented seismic ambient noise interferometry to analyze the apparent velocity changes dv/v measured from the coda of noise cross-correlations. We identified three periods of seismic activity that coincided with re-injection of fluids, significant variation in the production rate of the geothermal wells, and prominent changes of velocity (dv/v). We located these velocity changes by defining the velocity kernel between station pairs that relate travel-time changes in given time windows. These velocity transients may be associated with variations in the properties of rocks, reservoir fluid content, and changes in the effective stress beneath the volcanic system. We propose that changes in rock properties and fluid overpressure might be responsible for induced microseismicity. Our study shows that implementing dv/v quantifications as an additional tool for geothermal seismic monitoring can unveil seismic phenomena not visible by classical methods and may lead to better controls on geothermal operations.

SE06-3

DETECTION AND LOCATION OF HIGH FREQUENCY "TREMOR-LIKE" SIGNALS USING NETWORK COHERENCE AT DOMO DE SAN PEDRO GEOTHERMAL FIELD IN NAYARIT, MEXICO

Munoz Burbano Francisco Javier¹, Soubestre Jean²,
Calò Marco³, Reyes-Orozco Violeta⁴ y Lupi Matteo⁵¹ Université de Genève, UNIGE² Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, Univ. Gustave Eiffel, ISTerre, 38000, Grenoble, France. Icelandic Meteorological Office, Reykjavik, Iceland³ Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM⁴ Grupo Dragón⁵ Université de Genève

francisco.munozburbano@unige.ch

High-frequency "tremor-like" signals associated with geothermal operations were recorded by a temporary broadband network deployed in the surroundings of the Domo de San Pedro geothermal field (DSPgf) in 2021. The continuous seismic records shows high-frequency signals registered during the conduction of geothermal operations, including re-injection of fluids, production, and maintenance. These signals occur in frequency bands ranging from 5 to 25 Hz, last several hours and are mainly observable in the closest stations to the active wells. Following some studies focusing on volcanic tremors and long-period events, we implement a network-based method for detecting and locating tremor-like signals. The approach relies on the signals phase coherence across the network, using single-component inter-station cross-correlations in the Fourier domain conforming a covariance matrix. Studies have proposed that a scalar parameter called spectral width, defined as the width of the covariance matrix eigenvalues distribution, is a proxy to discretize independent seismic localized sources. Once some coherent seismic signals are detected, they can be located on a 3-D grid by back-projecting the dominant component of the wavefield obtained from the covariance matrix first eigenvector to determine the spatial distribution of the tremor-like sources. Preliminary locations of the tremor-like signals at the DSPgf reveal that these are sourced within the zone of influence of the geothermal field at depths where geothermal operations were conducted. Although the investigated seismic signals differ in frequency content and nature of origin compared with volcanic tremors, our results are relevant for better understanding the physical mechanisms at play and constraining some tremor models such as resonance into cavities corresponding to cracks/conduits or wells in volcanic and geothermal contexts, respectively. We show that the analysis of the network coherence is also successful in characterizing short-lasting and high-frequency tremor-like signals compatible with shallow seismic sources in a geothermal field.

SE06-4

NODAL AMBIENT NOISE TOMOGRAPHY (NANT) FOR THE PROSPECTION OF GEOTHERMAL RESOURCES

Lupi Matteo, Savard Genevieve y Stumpp Douglas

University of Geneva

matteo.lupi@unige.ch

The geothermal sector may be able to provide a relevant contribution towards the energetic transition. However, subsurface uncertainty and the associated financial risk hinder the full development of geothermal systems. To date, traditional geophysical exploration methods still fail in quantifying and providing information about the volumes and geometries of the geothermal reservoirs. Nodal ambient noise tomography (NANT) is a new, fully 3D and economically affordable method developed to investigate the subsurface structure of any given geothermal system. Compared to traditional ambient noise methods, the use of hundreds of wireless geophones grants a much higher degree of resolution down to 5-6 km depth. NANT uses surface waves extracted from ambient noise to invert the shear wave velocity

structure of the upper crust. The velocity of shear waves is affected, among other factors, by the occurrence of fluids. Because of this NANT is capable of constraining regions characterised by low shear wave anomalies that may be directly associated to the presence of geothermal fluids, i.e. to the reservoir. This versatile prospection tool has already been proven successful in different geological settings and has the potential to become a game changer in the understanding of geothermal and volcanic systems.

Sesión especial

PROCESOS TECTÓNICOS Y MAGMÁTICOS MESOZOICOS DURANTE LA RUPTURA DE PANGAEA ECUATORIAL OCCIDENTAL

Organizadores

Daniel Ruiz Arriaga
 Angeles Verde Ramírez
 Elisa Fitz Díaz
 Daniel Stockli

SE07-2

ALGUNOS RASGOS MORFO-ESTRUCTURALES Y PETRO-TECTÓNICOS ASOCIADOS A LA FRAGMENTACIÓN DE PANGAEA EN EL NORESTE DE MÉXICO

Barboza Gudiño José Rafael¹, Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto² y Jaime-Rodríguez Diego³¹Instituto de Geología, UASLP²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí³Posgrado en Geología Aplicada, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

rbarboza@uaslp.mx

Entre los principales Rasgos morfo-estructurales, petro-tectónicos y estratigráficos en el Noreste de México, que en una u otra forma están relacionados con la fragmentación del supercontinente Pangea, se habrán de considerar, todas las unidades estratigráficas del final del Paleozoico, así como del Triásico y aún del Jurásico Temprano, además de las estructuras generadas en ese mismo lapso y los desplazamientos o deformación causados en los bloques de basamento y sucesiones antiguas expuestas a nivel regional. Una situación particular en México es la suma de evidencias que sitúan la traza de la antigua margen de Pangea a lo largo de la parte central del país, desde el sur de Sonora hasta la parte centro-oriental de Guerrero. Existen además evidencias de que esta margen fue activa ya desde el Pérmico, reconociéndose segmentos de la misma como zonas de subducción y en algunos otros casos segmentos transformantes, al tiempo que hacia el este-noreste de México y hacia la provincia atlántica, se interpretan los procesos extensionales asociados al rift continental que ocasionara la fragmentación del supercontinente. Son también notables y evidentes a través de rasgos morfológicos y la distribución de facies de la cubierta sedimentaria, distintos bloques de basamento delineados por fallas, tanto normales como transcurrentes, observándose para el noreste de México lineamientos predominantemente sureste-noroeste, atribuidos a una tectónica de fallamiento dextral-tensional relacionada a la apertura del Golfo de México, sin embargo, es notable también la segmentación de altos de basamento por zonas de orientación suroeste-noreste con evidencia geomorfológica y también estratigráfica o de distribución de facies sedimentarias que muestran la influencia de una posible tectónica extensional con dicha orientación para el Triásico, mostrando para la distribución de los depósitos del sistema fluvial del Alamar, una orientación similar al sistema extensional en donde ocurrió hacia el este del actual Norteamérica, el depósito del Grupo Newark, mismo que para el Jurásico Inferior cambia a las cuencas extensionales sureste-noroeste en las que se depositó la Formación La Boca, del Jurásico Inferior. En relación con el magmatismo, el vulcanismo mesozoico más antiguo que se ha podido datar en el noreste de México, es el de las ignimbritas del Jurásico Inferior sobre el alto de Aramberri en la Sierra Madre Oriental, así como en el Valle de Huizachal, sin embargo cabe señalar la ocurrencia de lavas y algunos productos piroclásticos de composición básica, interestratificados en paquetes sedimentarios recientemente fechados del Triásico Superior en la Sierra de Catorce, S.L.P., además de diques en el área de San Marcos, N.L. cuyo emplazamiento se supone previo al Jurásico Medio y posiblemente aún en el Triásico, período durante el cual habrían ocurrido las fases de extensión más propiamente asociadas a la fragmentación de Pangea en la región.

SE07-3

CRONOESTRATIGRAFÍA DE LAS LITOFACIES SIN-RIFT DE LA CUENCA TODOS SANTOS, MÉXICO

Ruiz Arriaga Daniel¹, Stockli Daniel¹ y Fitz Díaz Elisa²¹University of Texas at Austin²Instituto de Geología, UNAM

daniel_ruiz_25@hotmail.com

La ruptura de Pangea occidental ecuatorial fue impulsada por la interacción de la margen de subducción paleo-Pacífica y la extensión continental del Atlántico, comenzando en el Triásico y conduciendo a la formación de cuencas extensionales, incluida la cuenca del Golfo de México. El Golfo de México tuvo un papel fundamental en el registro estratigráfico tanto del sur de los Estados Unidos como del este y sur de México. Las cuencas extensionales mexicanas surgieron durante el Mesozoico temprano, antecedendo y sobreponiéndose temporalmente a la apertura del Golfo de México. Debido a la temporalidad que abarcan las cuencas mexicanas, el registro cronoestratigráfico en estas cuencas es fundamental para comprender el momento de la extensión de la corteza, la sucesión estratigráfica y los mecanismos tectónicos de este periodo. En el sur de México, el Grupo Todos Santos (GTS) sirvió como marco para la cuenca de Todos Santos, nuevos datos de edades de U-Pb en circones detríticos muestran que diferentes unidades litoestratigráficas exhiben edades de depósito similares, lo que destaca la importancia de definir un marco cronoestratigráfico para dilucidar la evolución de las facies contemporáneas al rift Mesozoico. Los nuevos datos de U-Pb, centrados en las edades de circón más jóvenes, nos permitieron determinar Edades de Máximas de Depósito (EMD) robustas para diferentes litofacies distribuidas a lo largo de la cuenca Todos Santos y definir un nuevo marco cronoestratigráfico. Estas referencias temporales se basan en análisis de procedencia en circones detríticos, complementados por 30 a 40 circones euhédricos adicionales, lo que mejora significativamente la solidez de las EMD y la resolución del marco cronoestratigráfico de las sucesiones sedimentarias. Las nuevas EMD revelan que la cronoestratigrafía del GTS está vinculada con tres episodios distintos de rift que ocurrieron durante el Sinemuriano, Toarciano, y Calloviano. Dos de estos episodios preceden la apertura del Golfo de México y se pueden atribuir a extensión tras-arco asociada a la margen de subducción paleo-Pacífica y a la apertura del Atlántico central. Además, las EMD muestran que las diferentes litofacies pueden ser coetáneas en la cuenca de Todos Santos, y por lo tanto, no deben usarse para definir una sucesión estratigráfica. En resumen, estos datos muestran tanto el poder de las EMD para establecer una sucesión cronoestratigráfica de sin-rift, mostrando claramente que la mayor parte de la estratigrafía del GTS es anterior a la apertura del Golfo de México.

SE07-4

LITHOSTRATIGRAPHICAL, U-PB GEOCHRONOLOGICAL, AND PROVENANCE ANALYSES FOR THE NUEVA INDEPENDENCIA FORMATION: THE FIRST RECORD OF UPPER TRIASSIC-LOWER JURASSIC MARINE FACIES AT SOUTHERN MEXICO

Verde-Ramírez María de los Ángeles¹, Fitz-Díaz Elisa² y Stockli Daniel³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin
angelesverde@gmail.com

During the onset of Pangea break-up, the rifting process and the transtensional attenuation of the lithosphere produced small elongated-shape basins along eastern Mexico, next to fault-bounded basement highs dominantly composed of Precambrian metamorphic rocks, Paleozoic sedimentary assemblages, and Permian-Triassic granitoids. The stratigraphy and the sedimentological record available in these basins comprise Lower to Middle Jurassic shallow to deep marine deposits, volcanoclastic and magmatic rocks, and fluvial-alluvial successions covered by Upper Jurassic marine deposits. Based on fieldwork, sandstone and carbonate petrography, and zircon U-Pb geochronology we documented the presence of the Nueva Independencia Fm., a new Upper Triassic-Lower Jurassic marine deposit located in southern Mexico. This clastic-carbonate succession is composed from the base to the top by (1) lenticular thick-bedded, monomictic conglomerates and dolomites. (2) Medium-bedded, organic-matter-rich shale interbedded with scarce siltstones that show sedimentary structures like parallel, wavy, flaser, and convolute lamination, and fine-grained sandstone lenses. (3) Medium-bedded, fine to medium grained sandstone interbedded with siltstone. Some of its primary structures include parallel, flaser, and cross-lamination, sinuous symmetrical ripples, flame structures and load cast, iron nodules, and calcareous lenses. Common fossil remains include ichnofossils, <10 cm long wood fragments, and fern leaves. Scarce layers of mudstone-packstone with bioclast fragments can be found at the top of this unit. The volcanic succession of La Silla Fm. overlies the Nueva Independencia Fm. in some localities and consists of volcanoclastic rocks such as sandstone and conglomerates alternated with lavas of intermediate composition. Six sandstone samples from the Nueva Independencia Fm. provided U-Pb detrital zircon ages indicating that this marine succession has a maximum depositional age that ranges between 201.7 ± 2.1 Ma and 187.6 ± 1.7 Ma. Meanwhile, four lava samples of La Silla Fm. yield U-Pb crystallization ages between 200.2 ± 0.5 Ma and 178.5 ± 0.3 Ma old. Zircon U-Pb age populations of the Nueva Independencia Fm. are characterized by six main groups linked to specific sediment sources: Late Triassic magmatism (~215-201 Ma), the Permo-Triassic Arc (~292-230 Ma), the Ordo-Carboniferous Arc (~500-320 Ma), the Pan-African orogeny (~760-580 Ma), the Grenvillian province (~1250-950 Ma), and rare zircon grains that yielded ages related to the Amazon Craton (~3200-1800 Ma). Nevertheless, we consider that this last group of zircon grains may have resulted from the recycling of the Paleozoic units exposed in the study area. The contrasting age data clusters suggest that the Nueva Independencia Fm. rocks were coeval with the oldest magmatism reported in this basin. This indicates a higher complexity for the depositional systems developed during the Late Triassic-Early Jurassic than previously though, prior to the deposition of the fluvial-alluvial succession of the Todos Santos Fm. in the Early Jurassic (Toarcian), thus providing great insights about the Gondwana separation, prior to the opening of the Gulf of Mexico.

SE07-5

ESTUDIO DE PROCEDENCIA SEDIMENTARIA DE CIRCONES DETRÍTICOS DEL OESTE Y CENTRO DE CUBA Y SU RELACIÓN CON LA TECTÓNICA DEL CARIBE

Ascanio-Pellon Patricia, Stockli Daniel, Ruiz-Arriaga Daniel y Stockli Lisa

Universidad de Texas en Austin

pascanio@utexas.edu

El origen tectónico de Cuba, la isla más grande en la región Caribeña, sigue siendo ambiguo debido a la falta de estudios geocronológicos y a la escasez de constreñimientos de procedencia sedimentaria de sus unidades. Sin embargo, la evolución geológica de Cuba es clave para comprender y evaluar los modelos tectónicos que explican la evolución del Caribe. En el oeste y centro de Cuba, los estratos siliciclásticos del Mesozoico temprano contienen información crítica para mejorar nuestro entendimiento sobre la región proto-Caribeña durante la ruptura del supercontinente Pangea, antes de la formación de la placa del Caribe. Estos estratos incluyen a la Formación Jurásica San Cayetano en el terreno Guaniguanico de Cuba occidental, y a la Formación Constancia ubicada en el cinturón plegado del norte y centro de Cuba. Los limitados datos geocronológicos de estos estratos han fallado en identificar sus edades de depósito y orígenes sedimentarios, lo cual limita las reconstrucciones tectónicas de Cuba. En esta investigación, hemos llevado a cabo análisis geocronológico de U-Pb, mediante LA-ICP-MS, en circones detríticos de estas unidades siliciclásticas Cubanas. Los nuevos datos de la Formación San Cayetano ($n=19$), en el oeste de Cuba, exponen una fuerte sedimentaria Permo-Triásica y Meso-Proterozoica, relacionadas con el batolito de Chiapas y el micro-continente Oaxaquia. La Formación Constancia ($n=6$), del centro de Cuba, contiene una señal similar, pero con menor abundancia de circones Permo-Triásicos y Meso-Proterozoicos. Al comparar los datos de los estratos en Cuba con otros

estratos Mesozoicos en la región circun-caribeña, correlacionamos las Formaciones San Cayetano y Constancia con la Formación Todos Santos, ubicada en el sureste de México. Los sedimentos de la Formación Todos Santos han sido asociados a la ruptura de Pangea en el Mesozoico temprano, y provienen del batolito de Chiapas y del basamento Oaxaquiano. La similitud en la señal detrítica de los estratos Cubanos y Mexicanos restaura la posición palinspástica del oeste y centro de Cuba al suroeste de Yucatán. El desprendimiento y cizallamiento de este margen durante el Cretácico tardío transportó las unidades Jurásicas Cubanas hacia el noreste junto con la placa del Caribe, hasta que eventualmente colisionaron con la margen de Florida-Bahamas en el Paleógeno. En consecuencia, el escenario propuesto por este estudio apoya fuertemente los modelos alóctonos para la placa del Caribe.

SE07-6 PLÁTICA INVITADA

DIRECT TIMING CONSTRAINTS ON LATE JURASSIC GULF OF MEXICO OPENING AND YUCATAN MARGIN SYN- RIFT MAGMATISM FROM THE CHICXULUB BASEMENT

Stockli Daniel¹, De Graaff Sietze², Ross Catherine¹, Stockli Lisa¹ y Gulick Sean¹

¹University of Texas

²Vrije Universiteit Brussel

stockli@jsg.utexas.edu

One fundamental puzzle piece in the break-up up equatorial western Pangea is the early Mesozoic opening of the Gulf of Mexico (GOM). However, timing constraints on rifting and magmatic break-up during GOM opening in the Jurassic remain debated and are mainly based on circumstantial evidence from plate kinematic models (~170-160 Ma), Sr isotopic constraints on salt deposition (~169 Ma), and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of salt-hosted basaltic xenoliths (~160 Ma). While the eastern GOM has been interpreted as a magma-poor hyperextended margin, geophysical data from central and western GOM documents extensive sub-salt seaward-dipping reflectors (SDRs) and magmatic underplating characteristic of magma-rich rifting and continental break-up. While these SDRs along the southern GOM Yucatán margin are deeply buried in the distal rifted margin and not accessible for study, material from the proximal rifted margin was excavated in the Chicxulub impact structure and drilled by IODP-ICDP Expedition 364. In the impact crater, Carboniferous granitic basement is crosscut by felsic and diabase dikes. In-situ LA-ICP-MS U-Pb dating of apatite from diabase dikes ($n=4$) yield Jurassic crystallization ages ranging from 169-159 Ma with a weighted mean age of 165 ± 5 Ma. As such these diabase dikes provide the first direct evidence for Late Jurassic rift magmatism within the proximal rifted Yucatán margin that as had been proposed on the basis of geophysical data. Furthermore, comparison to Chicxulub impact melt implies that dolerite represented volumetrically a major impact target lithology, suggesting voluminous syn-rift magmatism within the proximal Yucatán rifted margin. These new ages for Chicxulub diabase dikes from the Yucatán proximal margin in the southern GOM represent the first in-situ bedrock age constraints on magma-rich continental rifting and break-up in the central GOM, constraining magma-rich GOM break-up as Bathonian-Bajocian and within uncertainty of estimates from Sr salt model ages and salt-hosted basaltic xenoliths.

SE07-7 PLÁTICA INVITADA

TRIASSIC AND JURASSIC PROGRESSIVE RIFTING AND MAGMATISM ALONG THE EASTERN NORTH AMERICAN MARGIN

Foster-Baril Zachary¹, Hinshaw Emily¹, Stockli Daniel¹, Bailey Christopher² y Setera Jacob³

¹University of Texas at Austin

²William and Mary

³CASSMAR, The University of Texas at El Paso - Jacobs JETS II Contract, NASA Johnson Space Center
zfosterbaril@utexas.edu

Recent geophysical data from rifted continental margins, geological studies of exhumed fossil rift margins, lithospheric modeling, and advances in analytical techniques have greatly improved our understanding of progressive rifting and continental breakup. But the interplay between syn-rift magmatism and mechanical stretching leading to lithospheric breakup remains enigmatic. The Eastern North American Margin (ENAM) provides a ~30 Myr record of mechanical stretching and synchronous syn-rift sedimentation during non-magmatic progressive rifting prior to the emplacement of Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) magmatism. Rifting continued for ~50 Myr following CAMP leading to Jurassic lithospheric breakup and the initiation of steady-state seafloor spreading. The preserved Triassic/Jurassic ENAM proximal rift domain contains syn-rift sedimentary deposits accompanied by numerous dikes, sills, and flows identified in outcrop exposures and aeromagnetic datasets along the margin. But, geochronological constraints on the dikes preserved along the margin remain limited. This study provides insights into the temporal and spatial geochemical evolution of Mesozoic magmatic emplacement along the ENAM and its impact on the transition from mechanical stretching to lithospheric breakup. We present new in-situ apatite U-Pb geochronology and corresponding whole-rock geochemical data for 16 diabase dikes and sills along the ENAM and integrate these data into a regional tectonic model. Apatite U-Pb geochronology from the well-studied Palisades Sill yielded an age of 201.4 ± 8.3 Ma, which agrees with the previous $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and U-Pb ages. Based on the new in-situ apatite U-Pb age determinations we identify three main episodes of magmatism that occurred during protracted continental breakup along the ENAM. The first pulse occurs at ~205-195 Ma and is attributed to CAMP based on the similarity of whole-rock geochemistry to the previously studied CAMP-related rocks. A subsidiary pulse of

dike emplacement between ~181-175 Ma shows slightly higher silica and total alkalis relative to the CAMP-related phase. Lastly, a third pulse occurs between ~166-145 Ma and generally shows higher silica and total alkalis. The two younger magmatic episodes show low loss on ignition values and Sr/Y values comparable to the CAMP-age rocks indicating minimal to no post-crystallization alteration. Combined our data show punctuated low-volume off-axis magmatism continued ~50 Myr after the onset of CAMP until the initiation of steady-state seafloor spreading along the ENAM.

SE07-8 PLÁTICA INVITADA

DETRITAL ZIRCON DOUBLE DATING FROM MESOZOIC RIFT BASINS ALONG THE EASTERN NORTH AMERICA MARGIN

Bailey Christopher¹, Foster-Baril Zachary², Wilk Kinsey¹ y Stockli Daniel²

¹William & Mary

²University of Texas

cmbail@wm.edu

New geophysical data and modeling has improved our understanding of continental break-up, but the surficial response to lithospheric processes controlling continental break-up remains enigmatic. Rift basins along the Eastern North America Margin (ENAM) formed during the early Mesozoic prior to the opening of the Atlantic Ocean. These basins are primarily half-grabens and in the mid-Atlantic region are localized along pre-existing Paleozoic fault zones. We use zircon U-Pb and (U-Th)/He double dating and bedrock zircon (U-Th)/He thermochronology to determine sediment provenance and infer the subsequent low-temperature exhumation/erosion history across the ENAM rift system. We examined the large composite Culpeper and Taylorsville/Richmond basins as well as the small Scottsville basin which forms one of the westernmost of the ENAM basins. New detrital zircon U-Pb data are consistent with well-developed footwall drainage networks that provide significant sediment inputs from terranes to the west and northwest including Grenvillian basement (1.0 to 1.15 Ga) in the westernmost basins and early Paleozoic accreted terranes in more easterly basins. Detrital inputs from the hanging wall block (to the southeast) in the large composite basins include a component of Pan-African sources. Zircon (U-Th)/He ages obtained from the Triassic syn-rift deposits and a transverse along both the footwall and hanging wall range from ~150-205 Ma with a slight decrease in ages towards the basin in both the footwall and hanging wall. The absence of older zircon (U-Th)/He zircon ages (Paleozoic to early Triassic) in these basins indicates that post-depositional burial was sufficient to reset the zircon (U-Th)/He system and/or a widespread post-Triassic thermal event affected rocks at the western margin of the Atlantic rift shoulder.

Sesión especial

GEOTERMIA

Organizadores

Mariana Patricia Jácome Paz
Claudio Inguaggiato
Diego Ruiz Aguilar

SE08-2

MODELADO DEL CAMPO TÉRMICO CONDUCTIVO PARA LA ESTIMACIÓN DE TEMPERATURAS EN LA LITOSFERA DEL CENTRO-ORIENTE DE COLOMBIA

Buitrago Segura Harol Stiven¹, Contreras Perez Juan¹,
Neumann Florian² y Vargas Jiménez Carlos Alberto³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²GFZ German Research Centre for Geosciences Potsdam, Germany

³Universidad Nacional de Colombia, Colombia
haroldbuitrago99@gmail.com

Se discretizó la ecuación de conducción-advección 2D por el método de diferencias finitas conservativas y se creó un script en Matlab que resuelve el campo de temperatura de la litosfera. Este código se validó comparando sus resultados con soluciones analíticas de algunos escenarios tectónicos sencillos en 1D y 2D reportados en la literatura. Las soluciones numéricas obtenidas concuerdan con las analíticas con diferencias menores a 1°C. Este script se empleó para resolver el campo térmico litosférico del centro-orientado de Colombia a lo largo de cuatro perfiles cruzados. Para constreñir las soluciones numéricas se utilizó la base de datos de gradiente geotérmico del Servicio Geológico Colombiano y algunas estimaciones de flujo de calor disponibles en la Cuenca Llanos Orientales. Los valores de parámetros materiales como conductividad térmica y producción de calor radiogénico fueron tomados de la literatura para las rocas que afloran en el área e inferidas para la corteza y el manto superior. Las condiciones de frontera consideradas fueron temperatura conocida en superficie, flujo de calor conocido en la base y bordes laterales aislados. Es de resaltar que efectos advectivos relacionados con subsidencia, exhumación y sedimentación se consideraron despreciables. La conductividad térmica se ajustó mediante un modelo de compactación para las rocas sedimentarias y un modelo de variación en función de la presión y la temperatura para la corteza superior. El flujo de calor astenosférico modelado oscila entre 15-25 mWm⁻², valores comunes para litosfera continental, excepto bajo la Cordillera Oriental en donde debió imponerse flujo adicional para elevar el límite litosfera-astenosfera a ~80 km. El flujo de calor adicional podría deberse a advección por flujo mantélico o a la ocurrencia de procesos como el calentamiento viscoso causado por cizalla (viscous heating) no contemplados en la simulación. La imposibilidad de reproducir la anomalía de gradiente observada en superficie mediante el acunamiento litosférico hipotetizado indica la necesidad de un cuerpo caliente adicional localizado ~30 km de profundidad como se ha sugerido en trabajos previos. Con respecto a los Llanos Orientales, el modelo indica que la anomalía de gradiente observada en esta área es consecuencia de la baja conductividad térmica de la roca dado su nivel de compactación. Sin embargo, reconstruir los valores de gradiente en su totalidad requiere considerar una fuente de flujo adicional a nivel de corteza. El modelado indica que la ocurrencia de un basamento enriquecido en elementos radiactivos al orientado del sistema de fallas de Guacaramo sería una fuente de flujo suficiente (1.6 – 3 μWm) para elevar el gradiente a los valores observados en campo, lo que se encuentra soportado por la presencia de actividad hidrotermal en el área y así como la ocurrencia de concentraciones altas de U y Th en rocas cristalinas.

SE08-3

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA GEOTÉRMICO DE CICLO CERRADO EN EL CAMPO LAS TRES VÍRGENES

López-Villagómez Óscar y Gómez Arias Efrain

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
oscarlopez@cicese.edu.mx

El campo geotermal Las Tres Vírgenes se encuentra al noroeste de Santa Rosalía, Baja California Sur, México. Este es el campo más pequeño de los cinco campos geotermiales en México, con una capacidad instalada de 10 MW. Se utilizó un modelo 2D de un sistema geotérmico de ciclo cerrado en configuración de forma de "U". Se utilizó agua como fluido de trabajo. Por medio del método de Volumen Finito se discretizó la ecuación conductivo-convectivo. El algoritmo de Thomas o algoritmo de matriz tridiagonal fue utilizado para resolver el sistema de ecuaciones lineales. Se utilizaron cuatro parámetros para el modelo, la profundidad [Z] es de 1400 m, la longitud horizontal de la tubería [L] es de 1000 m, el diámetro de la tubería [

SE08-4

EDAD Y ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE FLUIDOS DE LOS SISTEMAS HIDROTERMALES DE LA CUENCA PESCADERO SUR, GOLFO DE CALIFORNIA, BASADOS EN PERFILES ACÚSTICOS SOMEROS

Macías Iñiguez Isabela¹, Yarbuh Ismael², Negrete Aranda Raquel¹, Contreras Juan¹, Spelz Ronald M.³, Neumann Florian³, Fuentes Karina¹, Caress David W.⁴ y Zierenberg Robert A.⁵

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Universidad Autónoma de Baja California

³GFZ German Research Centre for Geosciences

⁴Monterey Bay Aquarium Research Institute

⁵University of California Berkeley Research
isabela960712@gmail.com

El Golfo de California (GC) es el resultado de un sistema de deformación transtensional caracterizado por una serie de fallas normales y de desplazamiento lateral, que conectan una serie de cuencas sedimentarias de tipo pull-apart. En esta región, el adelgazamiento de la corteza por la apertura del golfo, la actividad volcánica reciente y la propagación de fallas, proporcionan condiciones ideales para el desarrollo de sistemas hidrotermales. Estos sistemas están compuestos por tres componentes principales. Estos sistemas necesitan tres componentes principales para su formación: una fuente de calor, un medio sedimentario y fluidos, donde las anomalías de calor están asociadas con la acreción de nueva corteza oceánica, el emplazamiento de cuerpos ígneos hipabisales y la deformación plástica del fondo marino. Estos sistemas culminan con la formación de chimeneas hidrotermales y por la proliferación de un diverso ecosistema extremófilo. La cuenca Pescadero sur (SPB) se encuentra ubicada en la porción sur del GC. La cuenca se caracteriza por grandes columnas de agua, tasas bajas de sedimentación y un lecho marino fuertemente fracturado por estructuras subsidiarias. El adelgazamiento de la corteza en esta parte del golfo y el flujo de calor cercano a la superficie del fondo marino han creado condiciones ideales para la formación de los campos de ventilación Auka y JaichMaa Ja'ag', los cuales hacen de esta parte del GC un lugar megadiverso. Para caracterizar la geometría del sistema térmico de la SPB, se realizó un análisis estructural a partir de batimetría de alta resolución y perfiles acústicos someros de alta resolución que cubren un área de ~60 km². Se seleccionaron perfiles acústicos paralelos y se interpretaron zonas con atenuación acústica, las cuales fueron caracterizadas como material sedimentario que contiene fluidos hidrotermales. Posteriormente, se realizó el cálculo del volumen del reservorio utilizando el método de triangulación de Delaunay. Nuestros resultados indican que el volumen total del fluido presente dentro del sistema es de 228.6 x 10⁶ m³. Es importante destacar que las regiones cercanas a las fuentes hidrotermales presentan volúmenes de fluidos significativamente elevados, probablemente atribuidos a inyecciones magmáticas o a la percolación de fluidos a través de redes de fallas. A partir de nuestro análisis sobre el tiempo de residencia del fluido dentro del medio sedimentario, pudimos concluir que la edad de estos sistemas es de ~4600 años.

SE08-5

EXPLORANDO EL TERMALISMO ASOCIADO AL SISTEMA DE FALLAS SAN MIGUEL-VALLECITOS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Juárez Reyes Marisol¹, Inguaggiato Claudio¹, Peiffer Loic¹, Delgado Argote Luis Alberto¹, Carbajal-Martínez Daniel² y Traviña Castro Armando¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Rock-Water Interaction Group, Institute of Geological Sciences, University of Bern, Switzerland
marisol@cicese.edu.mx

En la región de Baja California, se han identificado diversas manifestaciones termales cercanas a fallas activas. En esta investigación, se recolectaron muestras de aguas en cinco manantiales termales ubicados a lo largo del sistema de fallas San Miguel-Vallecitos, Baja California. Se analizó la composición química de los elementos mayores disueltos, los gases burbujeantes y disueltos, así como las relaciones ³He/⁴He y ⁴He/²⁰Ne en los gases. Las muestras de agua se agruparon en dos grupos según su ubicación geográfica. El grupo uno comprende tres manantiales termales (RJG01, RAS y OJN02) al sur del sistema de fallas y el grupo

dos incluye dos manantiales (VG02 y VG102) al norte de la falla San Miguel y al oeste de la falla Vallecitos. La temperatura de muestreo de los manantiales varía de 28 a 52 °C y el pH oscila entre 8.1 y 9.8. Todas las muestras de agua están dominadas por el catión Na. Las muestras RJG01 y OJN02 presentan una proporción similar de los aniones SO₄, Cl y alcalinidad total, mientras que RAS, VG02 y VG102 tienen proporciones de Cl más altas. Mediante la geotermometría multicomponente y geotermómetros de cuarzo, calcedonia y Na/K, se estimó la temperatura mínima de equilibrio a la cual estos fluidos ascendieron a la superficie. Se encontró que la temperatura máxima estimada es de aproximadamente 90°C en los manantiales del grupo dos. En cuanto a la composición química de los gases, las concentraciones de CO₂ son bajas en todos los manantiales, siendo el N₂ el gas dominante. A través del análisis de las relaciones 3He/4He y 4He/20Ne, se identificó que el He es principalmente de origen cortical en todos los manantiales. Sin embargo, se observó una tendencia de disminución de He cortical de sur a norte en el sistema de fallas, aumentando la proporción de He de origen mantélico. Estos hallazgos ofrecen una visión detallada sobre las características geoquímicas e isotópicas del termalismo asociado al sistema de fallas San Miguel-Vallecitos.

SE08-6

ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN ESPACIAL ENTRE LOS MANANTIALES Y LA GRAVIMETRÍA EN EL COMPLEJO GEOTERMAL PAIPA COLOMBIA

Mora Anderson¹ y García Cabrejo Oscar²¹Universidad Nacional de Colombia, UNAL²Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
anderson182@gmail.com

El Complejo Geotermal de Paipa (CGP) ubicado en la parte central de Colombia ha sido catalogado por el Servicio Geológico Colombiano como de interés intermedio a alto, razón por la cual ha sido sujeto de diferentes estudios en los últimos 20 años. Se han realizados estudios de cartografía geológica, métodos potenciales, composición química de los manantiales, temperatura superficial, mineralogía/petrografía, entre otros. La exploración de recursos geotérmicos incluye etapas de reconocimiento, factibilidad y valoración. En la etapa de reconocimiento generalmente se adquiere información geofísica incluyendo magnetotélúrica, geoelectrónica y campos potenciales. Dentro de los campos potenciales la gravimetría es una de las metodologías más utilizadas ya que permite identificar rocas que pueden ser reservorio o fuentes de los fluidos geotérmicos. Por lo tanto en la exploración de recursos geotérmicos es importante establecer si existe una asociación entre los valores altos o bajos de los diferentes productos derivados de la gravimetría y la ocurrencia de los manantiales/pozos de agua termal. Para esto se utiliza el análisis de distribución de distancias en el cual se describe el grado en que dos o más fenómenos están relacionados o coocurren en un espacio. Este método permite determinar si las variables involucradas tienden a agruparse, dispersarse o mostrar una distribución aleatoria. Teniendo como objetivo principal es identificar si existe una relación significativa o correlación entre las distribuciones espaciales En el caso del complejo geotermal de paipa se ha realizado 2 dos campañas geofísicas para la adquisición de gravimetría, de las cuales se han obtenido los productos convencionales como; Gravedad observada, la anomalía de bouguer total, residual y regional. La relación entre estos productos y ocurrencia de actividad geotermal se ha determinado por inspección visual en un SIG sin tener un sustento estadístico claro. Una manera objetiva para encontrar la relación entre los productos derivados de la gravimetría y los manantiales es a través del análisis de asociación espacial. En este trabajo se aplica el análisis de distribución de distancia entre diferentes productos derivados de la gravimetría y ocurrencia de manantiales en el complejo geotermal de paipa Colombia. Se encontró una asociación espacial fuerte entre los manantiales, anomalía de bouguer no procesada con valores que van de los -977450 a los -977400 Miligales y anomalía de bouguer total con valores que van de los -152 a los -130 Miligales, Una relación intermedia con la anomalía de bouguer residual con valores que van de los -2.10 a los -0.8 Miligales y en una relación débil con la derivada vertical de la anomalía de bouguer con valores que van de -0.0055 a los -0.0060 Miligales. Los resultados anteriores se convierten en elementos útiles para el refinamiento del modelo conceptual de este sistema geotermal, con el cual se puede avanzar en una mejor estimación de la favorabilidad geotermal en este importante área de Colombia.

SE08-7

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

Hernández Aburto Yasmin¹, Ruiz Aguilar Diego², Puy Alquiza María de Jesús³ y Ramírez González Lucía Magali³¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, CICESE²CICESE³Universidad de Guanajuato

yasmin@cicese.edu.mx

El aprovechamiento de los recursos geotérmicos tiene diferentes fines, ya sea para la generación de energía eléctrica o para usos directo. Independientemente el uso que se le de a dichos recursos, debe llevarse a cabo una exploración geotérmica para caracterizar la zona de interés. La Cuenca Alta del Río Laja ubicada en el estado de Guanajuato presenta aguas termales con temperaturas que van de

35 a 47°C, las cuales sugieren que podría existir un potencial geotérmico. Este interés fue motivo para implementar un estudio magnetotélúrico con el propósito de caracterizar eléctricamente la Cuenca Alta del Río Laja, Guanajuato para inferir las principales estructuras asociadas a la posible existencia de un yacimiento geotérmico de baja entalpía. La adquisición de datos en campo consistió en diez sondeos magnetotélúricos para poder realizar un modelo 3D de resistividades que represente al subsuelo. El procesamiento de las series de tiempo se realizó con los softwares de procesamiento robusto BIRRP y EMERALD para estimar las impedancias. Para realizar la inversión 3D se utilizó el tensor de impedancias completo y se llevó a cabo con el software ModEM que funciona con un algoritmo de gradientes conjugados no lineales. El programa ModEM está paralelizado para permitir el cálculo simultáneo para varias frecuencias objetivo. Como resultado se obtuvo un modelo de resistividades 3D en el que se lograron identificar varias unidades, de las cuales destaca la unidad UC3a con resistividades de 30 a 55 #m la cual esta asociada al acuífero, mientras que la unidad UC3b se infiere que es el acuífero sobre-explotado. Ambas unidades se encuentran en los primeros 500m de profundidad. También fue posible identificar en el subsuelo una falla existente e inferir la presencia de dos más.

SE08-8

INTENSIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD GEOTÉRMICA EN LOS NEGRITOS MICHOACÁN, A CAUSA DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA REGIONAL

Martínez Reyes José¹, Moreno Nava Ignacio¹, Vera Romero Iván¹, Ortiz Soriano Agustina¹, Lira Mendoza Francisco Javier² y Ordaz Murillo Osbaldo¹¹Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, UCEMICH²Departamento de Geomática, Comisión Federal de Electricidad

jmartinez@ucienegam.edu.mx

Durante los últimos meses de 2022 (a partir de septiembre) y en 2023 han tenido lugar una serie de eventos sísmicos en la zona centro occidental del estado de Michoacán; el primero evento mayor de ellos, el día 19 de septiembre de 2022 con Epicentro en Coalcomán y posible causa el fenómeno de subducción de las placas tectónicas de Rivera y cocos bajo la placa de Norteamérica, mientras que el segundo fue registrado el día 15 de marzo de 2023 con epicentro en Peribán, Michoacán al cual se le puede ubicar como parte de un enjambre sísmico con probable origen en el movimiento de magma en la corteza terrestre. La zona de la Ciénega de Chapala se encuentra al este del rift Citala que alberga un sistema geológico que da lugar a la actividad hidrotermal regional, principalmente las fallas Ixtlán y Pajacuaran. La geotermia regional se compone de un hidrotermalismo superficial constituido de manantiales y pozos de agua caliente con temperaturas entre 48 y 94 °C en Ixtlán de Los Hervores y San Juan Cósala, así como de volcanes de lodo en los Negritos (previo a la sismicidad reciente). Las aguas y gases de estas manifestaciones hidrotermales poseen características físico-químicas que indican la presencia de fluidos geotérmicos. En la zona geotérmica de Los Negritos, tras la actividad sísmica regional reciente, se intensifico la actividad geotérmica manifestándose con la formación de un geiser (durante algunos días después del evento sísmico), así como con la formación de una laguna somera de aguas con olor característico de azufre, temperaturas entre 40 a 90 °C y pH con valor de 4.

SE08-10 CARTEL

MODELO CONCEPTUAL PRELIMINAR DEL SISTEMA HIDROTHERMAL DEL VOLCÁN TEPETILITIC, NAYARIT, MÉXICO

Vázquez Hernández Nancy¹, Catellanos VillalpandoJimena Itzel² y Fuentes Arreazola Mario Alberto³¹UTonalá, Universidad de Guadalajara, UdeG²CUSur, Universidad de Guadalajara, UdeG³CUCosta, Universidad de Guadalajara, UdeG
nanvazh073@gmail.com

Tepetitlic (21° 16' N, 104° 42' O, 2,000 msnm) es un estrato volcán del cuaternario (0.48 Ma) ubicado en el estado de Nayarit, en el bloque San Pedro-Tepetitlic perteneciente a la cuenca tectónica Graben Tepic-Zacoalco. Debido al contexto tectónico regional esta zona representa un interesante prospecto en geotermia; por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue recopilar e integrar información geológica, geohidrológica y geofísica para construir un modelo conceptual preliminar del probable sistema hidrotermal asociado al volcán Tepetitlic. Para la construcción del modelo geológico conceptual se trabajó con la base de datos de GeoInfoMex del SGM (Servicio Geológico Mexicano); en tanto, para la parte geohidrológica recurrimos a INEGI y CONAGUA. Además, se utilizaron datos magnéticos (aeromagnéticos) puesto que han demostrado ser una herramienta efectiva para la evaluación preliminar de prospectos geotérmicos. Con esta información se realizó un procesamiento magnético aplicando varias técnicas de corrección/reducción de los datos geofísicos: anomalía magnética, reducción al polo, señal analítica y continuación ascendente proyectada a una elevación de 2 km. El análisis espectral de la anomalía magnética sugirió que la base de las rocas con propiedades magnéticas se localiza a ~ 1.5 km de profundidad y posiblemente se relacione con la ubicación de una zona de alteración hidrotermal que funcione como roca sello. A pesar de que los datos magnéticos no permitieron determinar la profundidad a la cual se localiza roca fundida, fue posible incorporar datos publicados de gradiente geotérmico para la zona de estudio (52.4 °C # km⁻¹) con lo cual calculamos una profundidad a la fuente

de calor de por lo menos 9 por debajo del edificio volcánico. Finalmente estimamos un potencial geotérmico de 60 MW utilizando el método volumétrico con simulación de Montecarlo. Los resultados de esta investigación buscan establecer un marco de referencia para evaluar la posibilidad de presencia de fluidos geotérmicos asociados al sistema hidrotermal del volcán Tepetitlic.

SE08-11 CARTEL

ZONA GEOTERMAL DE ATOTONILCO, CALCAHUALCO, VERACRUZ

Baizabal Gómez Emma Daira¹, Jácome Paz Mariana Patricia², Prol Ledesma Rosa María², Pérez Zárate Daniel³, Inguaggiato Claudio⁴, De la Fuente Rivera Juan Ramón² y Rodríguez Augusto²

¹Facultad de Economía, Universidad Veracruzana

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Energías Renovables, UNAM

⁴Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

daibg@outlook.es

Los recursos geotermales son abundantes en México y tras su caracterización pueden desarrollarse diversos proyectos energéticos. Su uso es clave en la transición energética del país, pues es una energía renovable, con menor impacto ambiental. En la localidad de Atotonilco, en el municipio de Calcahualco, Veracruz, se realizó una caracterización geotérmica empleando técnicas de exploración geoquímica superficial, se obtuvieron datos de los manantiales termales presentes en la zona. Se midieron sus características fisicoquímicas, la química aparente del agua resultó cálcica bicarbonatada y el estado de equilibrio agua-roca indica que es un agua inmadura. Las descargas termales se encuentran encajonadas en roca tipo andesítica con presencia de alteración argílica incipiente y selectiva. La temperatura estimada a profundidad con geotermómetro de sílice oscila entre 70°C y 74°C, es decir, es un recurso de baja entalpía. El potencial geotérmico calculado a partir de la temperatura estimada en los manantiales es de 0.18 MWt - 2.2 MWt. Con los resultados de la exploración geoquímica y geológica se plantea un modelo conceptual de la zona. Así mismo, con las características socioeconómicas documentadas y las observaciones en campo, se generaron propuestas de aplicaciones de usos directos geotérmicos en la localidad de Atotonilco. Agradecemos Proyecto PAPIIT-UNAM IA102123 Exploración avanzada en Los Baños, Veracruz para usos directos de la energía geotérmica.

SE08-12 CARTEL

EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOCIALES PARA USOS DIRECTOS DE LA GEOTERMIA EN MÉXICO - CASO DE ESTUDIO: LOS BAÑOS, VERACRUZ

Olmedo Velázquez Paola Anahí¹, Jácome Paz Mariana Patricia², Silva López Ana Laura³ y Prol Ledesma Rosa María²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Departamento de Derecho, Universidad Autónoma Metropolitana
pao_pot93@hotmail.com

México tiene un gran potencial geotérmico, sin embargo, la mayoría de los esfuerzos en exploración, tecnología y leyes, se han enfocado en encontrar y legislar el uso de grandes yacimientos de energía que alimentarían proyectos energéticos de alta entalpía, dejando de lado los usos directos de la geotermia. El uso que se le puede dar al calor proveniente del interior de la Tierra es variado, básicamente cualquier proceso que requiera del uso del calor, puede beneficiarse de esta energía térmica. Estos proyectos a comparación de los proyectos energéticos de alta entalpía requieren de menores inversiones económicas y humanas, lo que los hace más factibles para ser realizados. La implementación de estos proyectos requiere, como componente fundamental, de la aprobación social de la comunidad receptora donde se quiera realizar, es por esto que en este trabajo se han adaptado los formatos de Evaluación de Impacto Social (EviS) publicados en el Diario Oficial de la Federación (2013), para la propuesta de un único formato, aplicable en cualquier proyecto de usos directos de la geotermia. Este trabajo propone un formato de EviS para usos directos y se acompaña con la descripción del correcto llenado y los puntos a considerar a la hora de realizar dicha evaluación. La aplicación de este formato puede garantizar un mejor análisis y estimación de impactos sociales en todas las etapas del proyecto, así como recoger la opinión y percepción de las poblaciones influidas o afectadas sobre el desarrollo del proyecto de uso directos. Dicho formato, por tanto, pretende ser una herramienta diagnóstica para evitar el inicio de un conflicto socioambiental o judicial que pudiera surgir al no contar con la licencia social para operar. Así mismo, la aplicación del formato pretende ser una guía para diseñar planes de gestión social pertinentes y que motiven el mutuo beneficio entre el proyecto de uso directo de la geotermia y las comunidades receptoras. En este trabajo se muestra la aplicación del formato sugerido para la zona geotermal de Los Baños, Veracruz.

Sesión especial

GEOCHIAPAS: NUEVAS PERSPECTIVAS SOBRE LA TECTÓNICA Y MAGMATISMO DEL ESTADO DE CHIAPAS

Organizadores

Mattia Parolari

Rogelio Hernández Vergara

Elisa Fitz Díaz

Roberto Maldonado Villanueva

SE09-1 PLÁTICA INVITADA

LATE PERMIAN TO EARLY JURASSIC EVOLUTION OF THE CHIAPAS MASSIF COMPLEX, SE MEXICO - FROM A COLLISIONAL OROGEN TO CONTINENTAL RIFT

Weber Bodo¹, Valencia Morales Yuly Tatiana¹, Quintana Delgado Juan Andrés¹, Rendón Vázquez José Daniel¹, Monreal Roque Eduardo¹ y Frei Dirk²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²University of the Western Cape

bweber@cicese.mx

Permian- to Early Triassic granitoids are widespread in eastern and southern Mexico, reflecting diachronous collision of Laurentia and Gondwana. They intruded in two phases, (1) at the Gondwana continental margin before c. 275 Ma and (2) in a late- to post- collisional setting from c. 260-245 Ma. In the Chiapas Massif Complex (CMC) the second plutonic phase is coeval with regional metamorphism with differing metamorphic grade and P/T ratios. Metamorphic basement exposures in the CMC define two lithodemes: (1) El Triunfo Complex (TC), composed of c. 1 Ga anorthosite and orthogneiss, covered by metasedimentary rocks, altogether metamorphosed and intruded by plutonic suites during the Ordovician and the Permian; and (2) the Catarina (CA) and Custepec (CU) units with no signs of an Ordovician event. CA is composed of c. 1.5-0.9 Ga orthogneiss with TDM(Nd) of 2.0-1.8 Ga, while Permian mafic anatectite constitutes most of the CU with TDM(Nd) of 1.3-1.0 Ga, indicative of reworked crustal domains with basaltic underplating. Recent fieldwork exploring the contact between both lithodemes revealed high P/T with kyanite-rutile-bearing assemblages at the TC side of the contact, suggestive of a Late Permian thrust boundary. Peraluminous, garnet-bearing, granitic stocks intruded the metamorphic basement, locally defining the strongly mylonitized contact between CA and TC, and into Permian plutonic rocks, close to other tectonic lineaments. Sm-Nd ID-TIMS dating of leached garnet and whole rock yielded ages at 217.8 ± 0.6 Ma and 215.5 ± 0.9 Ma (2#), interpreted as the time of granite crystallization. Zircon is typically rare and inherited in these rocks, however, magmatic zircon rims yielded similar U-Pb LA-ICPMS ages. Monazite, instead, reflects ductile deformation at c. 179 Ma. At another locality, Permian granite is migmatized with garnet-bearing leucosome yielding a Sm-Nd garnet- WR age of 206 ± 6 Ma and an U-Pb age of zircon tips at 188 ± 2 Ma. The new findings suggest, for Late Permian times, an orogenic wedge, asthenospheric upwelling and batholithic intrusions. Uncommon Late Triassic crustal anatexis, followed by Early Jurassic ductile shear zones and probably bimodal magmatism confirms recent models calling for crustal extension of peninsular Mexico in a continental rift province.

SE09-2

HISTORIA DEL FLUJO DE FLUIDOS DURANTE LA DEFORMACIÓN DEL CINTURÓN PLEGADO DE CHICOMUSELO: TRAYECTORIA T-T-X (TEMPERATURA-TIEMPO-COMPOSICIÓN)

Palacios García Norma Betania¹, Fitz-Díaz Elisa², Lacroix Brice³ y Vennemann Torsten⁴¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geología, UNAM³Department of Geology, Kansas State University⁴Institute of Earth Sciences, University of Lausanne

palacios.betania@gmail.com

El Cinturón Plegado de Chicomuselo (CPCh), ubicado al sureste de Chiapas, México, involucra rocas sedimentarias y metasedimentarias clásticas y carbonatadas del Carbonífero y Pérmico deformadas en límite Permo-Triásico gracias a un evento de acortamiento que formó pliegues isoclinales en las rocas subyacentes de grano más fino, y pliegues abiertos y cabalgaduras con abundantes

vetas tectónicas de calcita, en los estratos sobreyacentes de rocas carbonatadas. Debido a que el CPCh está localizado en un punto triple difuso, este cinturón ha sido afectado no sólo por acortamiento, sino por múltiples eventos tectónicos que han sido registrados en las vetas de calcita recientemente fechadas y documentadas por Palacios-García et al. (2023; J. Struct. Geol.). En este trabajo, estas mismas vetas son analizadas con isótopos estables ($\#18O$ y $\#13C$) y con isótopos agrupados (clumped isotopes- $\#47$) para conocer el origen, composición, temperaturas e historia de los paleo-fluidos durante la deformación. Así mismo, se obtienen temperaturas en la roca encajonante mediante la espectroscopía Raman, para tratar de entender la historia del flujo de fluidos durante la deformación. El análisis de isótopos estables ($\#18O$ y $\#13C$) en la matriz y fósiles de la roca encajonante, así como en las vetas tectónicas asociadas a los diferentes eventos tectónicos, reflejan que el origen de los fluidos movilizados durante un primer evento de acortamiento (E1), proceden del agua intersticial de la roca encajonante, mientras que los fluidos relacionados con un segundo evento de deformación (E2), asociado al fallamiento relacionado con la ruptura temprana de Pangea, reflejan una alta interacción fluido-roca con influencia de aguas meteóricas. Durante un tercer evento (E3) de rifting-drifting en el Golfo de México e influencia tectónica del Pacífico, se sigue observando una mezcla de fluidos, y para un último evento tectónico (E5) se refleja interacción fluido-roca con un flujo relativamente restringido. Esto también pudo ser observado haciendo un análisis del contenido de U y Pb (ppm) entre las diferentes familias de vetas tectónicas en comparación con su roca encajonante. En el análisis de paleo-temperaturas en vetas con base en isótopos agrupados (clumped isotopes- $\#47$) se observa que las vetas asociadas al E1 (~ 255 - 225 Ma) y E2 (~ 210 - 180 Ma) muestran las temperaturas más altas (~ 220 - $120^\circ C$), para aquellas del E3 un rango entre ~ 180 - $120^\circ C$ y para el último evento E5, bajas temperaturas entre ~ 110 - $60^\circ C$. Por otro lado, las temperaturas obtenidas mediante espectroscopía Raman en la matriz de la roca encajonante dan un rango entre ~ 320 - $200^\circ C$. Cuando se comparan las temperaturas de vetas y de roca encajonante en el CPCh con otros cinturones plegados en el mundo, observamos que el CPCh registra temperaturas muy elevadas (p.e.), metamorfismo de bajo grado en la roca encajonante), lo que nos lleva a pensar en un reordenamiento de isótopos agrupados ($\#47$) asociado a la influencia de fluidos hidrotermales durante la deformación, o incluso a un metamorfismo asociado al sepultamiento del orógeno por debajo de la cuencas jurásicas y cretácicas.

SE09-3

PETROGÉNESIS DEL MAGMATISMO DEL JURÁSICO TEMPRANO-MEDIO EN EL ESTADO DE CHIAPAS

Parolari Mattia¹, Verde-Ramírez María de los Ángeles², Ruiz Arriaga Daniel³, Gómez-Tuena Arturo¹, Fitz-Díaz Elisa¹ y Stockli Daniel¹¹Instituto de Geología, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM³Jackson School of Geosciences

mattia.prl@gmail.com

El Centro y Sur de México representan un lugar estratégico para estudiar el proceso de fragmentación de Pangea. Desde el Triásico superior y durante el Jurásico esta área fue sujeta a una importante extensión que dio lugar a la apertura de importantes cuencas sedimentarias. Actualmente, se encuentran asociadas con esas rocas sedimentarias esporádicos afloramientos de rocas volcánicas y escasos intrusivos pertenecientes a la así llamada Provincia Ígnea de Nazas (NIP por su sigla en inglés). Dichos productos fueron tradicionalmente asociados con el desarrollo de un arco volcánico continental durante el jurásico temprano y medio, sin embargo, recientes trabajo han cuestionado ese modelo y propuesto cómo alternativa un magmatismo acoplado con el proceso de rifting. Por ende, entender la petrogénesis de estos magmas es esencial para aclarar las secuencias y el estilo de los procesos tectónicos en este importante periodo geológico, y reconstruir la evolución del margen mexicano durante el mesozoico. Este estudio presenta

nuevos datos químicos y geocronológicos de rocas volcánicas recolectadas en diversas localidades de la Cuenca de Todos Santos, en el estado de Chiapas. Las edades U-Pb de zircones magmáticos indican que estas rocas cristalizaron durante el Jurásico temprano y medio (aproximadamente 170-200 millones de años). La mayoría de estos magmas también revelan la presencia de zircones heredados con un patrón de edades similar al de las secuencias metasedimentarias del Triásico superior. En comparación con otros productos de la NIP, estas rocas volcánicas abarcan un rango más amplio de contenido de SiO₂, incluyendo una mayor proporción de productos intermedios, y concentraciones más elevadas de elementos ferromagnesianos. En su mayoría, estas rocas también mantienen la característica peraluminosidad que distingue a los productos de la NIP de las rocas arquetípicas de arco volcánico. En general, los patrones de los elementos traza son típicos de las rocas continentales, con un enriquecimiento en elementos alcalinos y móviles, y anomalías negativas en Nb y Ta. Sin embargo, las rocas con un mayor #Mg muestran una menor firma "continental" y relaciones elementales más cercanas a los magmas generados en ambientes intraplaca. Las relaciones isotópicas de Nd, Sr, Pb indican composiciones relativamente enriquecidas con respecto a los campos del DMM (Depleted Morb Mantle) y del manto mexicano, ambos recalculados al jurásico, y tendencias que sugieren la participación de materiales continentales en la génesis de estos magmas. En efecto, las relaciones isotópicas correlacionan con varios elementos mayores, traza y relaciones elementales, indicando que estas composiciones pueden resultar de una mezcla binaria entre un componente máfico, e isotópicamente empobrecido, y uno félsico con composición isotópica más enriquecida. Nuestras interpretaciones preliminares apoyan la hipótesis de un magmatismo relacionado con un ambiente de rift, en donde los productos félsicos representan la mezcla (o contaminación) entre magmas basálticos de ambiente intraplaca y fundidos corticales, producidos por la fusión de los sedimentos triásicos.

SE09-4

EL CONGLOMERADO MIOCÉNICO DE CERRO PELÓN COMO REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO DEL MACIZO DE CHIAPAS

Ortega Flores Berlaïne¹, Martini Michelangelo² y Solari Luigi¹¹Centro de Geociencias, UNAM²Instituto de Geología, UNAM

berlaïne@geociencias.unam.mx

Las sucesiones detríticas cenozoicas del sur del Golfo de México, son consideradas de gran importancia, debido a su espesor y a su diversa granulometría, características que les confieren mayor relevancia en su papel como rocas almacén o rocas sello, dentro del sistema petrolero. Mas allá su potencial en los hidrocarburos, las sucesiones detríticas representan un valioso registro estratigráfico para la reconstrucción de la historia tectono-sedimentaria del sureste de México. A partir de su granulometría, una importante cantidad de estudios se han enfocado preferentemente en areniscas, mientras que en las unidades conglomeráticas son menos comunes. Sin embargo, los componentes detríticos de depósitos conglomeráticos aportan valiosa información como trazadores de fuentes proximales en estudios de procedencia. Sucesiones de conglomerados, dentro de la columna cenozoica, son comunes en el sureste de México, y se han relacionado al levantamiento y erosión de fuentes relativamente próximas. Un caso representativo son los depósitos conglomeráticos miocénicos, expuestos en el flanco oriental del anticlinal de Cerro Pelón, ubicado al oeste del Cinturón de Pliegues de Chiapas. Con base en un estudio realizado a partir de análisis sedimentológico, petrográfico y geocronológico, tanto en los clastos del conglomerado como en las areniscas interestratificadas, se documentó que estas sucesiones fueron depositadas en un abanico submarino, y que el basamento cristalino del Macizo de Chiapas fue su principal fuente de sedimentos. Los clastos de conglomerado más abundantes son de origen metamórfico (gneises, cuarcitas, esquistos, anfíbolitas y metagranitoides) y plutónico (gabros, dioritas, granodioritas y granitos), y tienen edades en un rango desde el Paleozoico hasta el Jurásico. Los clastos de origen volcánico (andesitas y riolitas), aunque menos abundantes, son del Eoceno-Oligoceno. Por su parte, las areniscas interestratificadas, que tienen una edad máxima de depósito de 24 Ma, incluyen componentes detríticos no solo del Macizo de Chiapas, sino también de los cinturones metamórficos del complejo de sutura de Guatemala.

SE09-5

EVIDENCIAS DE LA ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA EN EL SECTOR CENTRAL DE CHIAPAS

Hernández Vergara Rogelio¹, Brocard Gilles² y Fitz Díaz Elisa³¹Instituto de Geología, UNAM²Universidad de Lion, Francia³Departamento de Procesos Litosféricos, Instituto de Geología, UNAM

rogeliohernandezvergara@gmail.com

Debido a su cercanía con la zona de subducción en el Pacífico y al límite entre la placa del Caribe y Norteamérica, se considera que el estado de Chiapas es altamente sísmico. Los efectos de la actividad de fallas laterales han quedado grabados en el registro estratigráfico, un ejemplo son los depósitos del Mioceno mediante la generación de cuencas por transtensión oblicua y sus depósitos asociados en secuencias de rocas conglomeráticas. Sin embargo, existen zonas donde existe compresión oblicua que ha inducido a evidentes levantamientos de bloques, como la zona de los Altos Cuchumatanes registrado en Guatemala durante

los 10.5 a 4 Ma. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos del análisis geomorfológico que muestran evidencias contundentes de la extensión en México de la Paleosuperficie Maya (documentada en Guatemala), así mismo, se realiza un análisis comparativo de las diferentes terrazas y paleovalles detectados en el relieve en dos zonas principales. La primera ubicada en el sector sur de Tuxtla, específicamente en las zonas de Villaflores y Cintalapa donde se ha reportado el desarrollo de niveles kársticos sub horizontales (cuevas) con edades de hasta 6 Ma en la parte superior y a los 3 Ma en un nivel intermedio, lo que nos indica que existe una incisión en el relieve. Por otra parte, en el sector de la Planicie Central de Chiapas (este de Tuxtla), se cartografiaron y documentaron una serie de depósitos de travertino los cuales aparentemente subyacen a las rocas del Arco Volcánico Chiapaneco (2.9 Ma). Dichos depósitos llegan a tener una extensión de 10 km de largo por 3 km de ancho y se localizan estratégicamente en el borde SW de la Falla Tuxtla-Socoltenango. Así mismo, estos depósitos presentan el desarrollo de 4 niveles de terrazas las cuales presentan fallas laterales izquierdas de orientación NW-SE por lo cual se piensa que la actividad de la Falla Tuxtla-Socoltenango no ha cesado. Con este trabajo se demuestra que la parte central del estado de Chiapas sigue siendo protagonista de la propagación de la deformación inducida por fallas litosféricas asociadas a los límites de placas en el Pacífico.

SE09-6 PLÁTICA INVITADA

EL ÁMBAR MIOCÉNICO DE CHIAPAS, NUEVOS REGISTROS PALEOBOTÁNICOS

Estrada-Ruiz Emilio¹ y Ortega-Flores Berlaïne²¹Instituto Politécnico Nacional, IPN²Centro de Geociencias, UNAM

emilkgama@yahoo.com

Los depósitos de ámbar más importantes en México provienen de rocas del Mioceno de las localidades de Simojovel de Allende, Totolapa, Huitiupán y Estrella de Belén (Palenque) en Chiapas. Estos depósitos ambaríferos presentan una alta diversidad biológica en inclusiones representadas por restos de plantas, hongos, artrópodos y vertebrados. En la región de Simojovel, estos yacimientos con ámbar se encuentran en rocas de la Formación Simojovel del Oligoceno medio-Mioceno temprano. En los últimos años, se ha documentado una importante diversidad de inclusiones de artrópodos y plantas. En lo referente a las plantas, se han descrito varios géneros con base en estructuras reproductivas, principalmente. Varios de estos grupos descritos, como son Frullania, Socratea, Hymenaea, Podopterus, Calatola, Entada, crecen actualmente en el centro-sur de México, el Caribe y Centroamérica, lo que indica su presencia en México desde hace al menos 23 millones de años, y que el área de Simojovel estuvo ubicada cerca de o en la línea de costa del sur del Golfo de México durante principios del Mioceno, donde las condiciones climáticas locales fueron húmedas y la flora tropical crecía cerca del nivel del mar.

SE09-7 PLÁTICA INVITADA

LATE CENOZOIC MIGRATION OF THE CARIBBEAN-NORTH AMERICA-COCOS TRIPLE JUNCTION: THE ZIPPER AND PULL-UP MODELS (GUATEMALA) AND THEIR RELATIONSHIP WITH DEEP MANTLE PROCESSES

Authemayou Christine

Laboratoire GEO-OCEAN, Université de Bretagne Occidentale

christine.authemayou@univ-brest.fr

The Polochic#Motagua fault systems (PMFS) are part of the sinistral transform boundary between the North American and Caribbean plates. To the west, these systems interact with the subduction zone of the Cocos plate, forming a subduction/subduction/transform triple junction. The North American plate moves westward relative to the Caribbean plate. This movement does not affect the geometry of the subducted Cocos plate, which implies that deformation is accommodated entirely in the two overriding plates. The linearity of the subduction zone is explained by a mechanically strong oceanic plate that does not tear in the triple junction. Structural data, fault kinematic analysis, and geomorphic observations provide elements that help to understand the late Cenozoic evolution of this triple junction. In the Miocene, extension and shortening occurred south and north of the Motagua fault, respectively. Motion along the PMFS is transferred along new transpressional inland structures in the North American Plate and along normal faults in the Caribbean Plate as a horseshoe strike-slip fault termination. This strain regime migrated northward to the Polochic fault after the late Miocene. This shift is interpreted as a "pull#up" of North American blocks, like the Chortis block, into the Caribbean realm. The Cocos slab is regarded as more rigid than the overriding plates that implies compression and extension north and south of the transform system, respectively, as a response to the necessity to fill the gap left by the eastward drift of the Caribbean Plate. To the west, the PMFS interact with a trench#parallel fault zone that links the Tonalá fault to the Jalpatagua fault. These faults bound a forearc sliver that is shared by the two overriding plates. Another process, named as the "zipper model" implies that the dextral Jalpatagua fault merges with the sinistral PMFS, leaving behind a suturing structure, the Tonalá fault. This process allows the migration of the triple junction. As a result, the forearc sliver comes into contact with the North American plate and helps to maintain a linear subduction zone along the trailing edge of the Caribbean plate. All these processes currently make the triple junction increasingly diffuse as it propagates eastward and inland within both overriding plates. A simple triple junction of rigid plates probably never occurred

since continental blocks are involved in Caribbean Plate motion. The zipper model was exported to a set of global cases of conjugate strike-slip faulting and ductile strike-slip shear zones to better understand tectonic evolution worldwide. But the most important thing is to understand how the evolution of this triple plate junction can be linked to the forces and flows evolving in the asthenosphere, which is strongly impacted by the dynamic of the slabs. Surface-deep interactions and coupling are key to understanding large-scale geodynamic zones.

SE09-8

LA SISMOTECTÓNICA DE CHIAPAS A VUELO DE PÁJARO

Guzmán Speziale Marco

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

marco@geociencias.unam.mx

Es bien sabido que el estado de Chiapas (sureste de México) se encuentra en la vecindad de la confluencia de tres placas, a saber, Cocos, Caribe y Norte América. La triple unión de estas placas es difusa e involucra elementos tectónicos sísmicamente activos y no activos. En este trabajo, revisamos los elementos que tienen un papel en la neotectónica de la región. La placa de Cocos subduce a lo largo de la trinchera mesoamericana, frente a las costas de Chiapas, y bajo la placa Caribe, y/o Norte América, un debate que no ha terminado. La subducción es sísmicamente activa, con grandes temblores inter- e intraplaca, excepto en su extremo NW (brecha de Tehuantepec), donde no han ocurrido grandes sismos interplaca en al menos 300 años, pero sí tuvo lugar un gran sismo interplaca (Mw 8.2) en 2017. A nivel cortical, existen varios sistemas de fallas (provincias tectónicas) en Chiapas: 1. El sistema Motagua-Polochic (no propiamente en el estado, pero con influencia en él); 2. La provincia de fallas inversas, contigua a Motagua-Polochic; 3. Las provincias de fallas transcurrentes, al norte del estado y con orientación general E-W; las grandes fallas NW-SE; 4. La falla Tonalá. El sistema Motagua-Polochic genera grandes sismos de magnitudes mayor a 7.0, en intervalos de ~150 años. La provincia de fallas inversas tiene forma de arco, cóncavo al SW y genera sismicidad de magnitud intermedia. Las fallas transcurrentes E-W tienen longitud menor a 100 km, que generan sismos moderados. Las grandes fallas NW-SE tienen longitudes cercanas a los 300 km, pero no se ha documentado con certeza algún gran sismo a lo largo de ellas, aunque existe evidencia circunstancial de uno de magnitud ~8.0, en 1902. Tampoco hay evidencia de la ocurrencia de un gran sismo en la falla Tonalá, de unos 250 km de longitud. Se ha postulado anteriormente que el Antearco Centroamericano, entre la trinchera mesoamericana y el Arco Volcánico Centroamericano, se desplaza al NW relativo al Caribe. El antearco abarca hasta el golfo de Tehuantepec, pero el arco volcánico se interrumpe mucho más a SE, por lo que no es evidente el movimiento del antearco frente a las costas de Chiapas. Quedan muchos problemas por resolver en la sismotectónica de Chiapas: ¿Son inactivas o tienen un periodo largo de recurrencia (varios cientos de años) las fallas NW-SE? ¿Dónde termina la placa del Caribe y dónde empieza la Norte América? ¿Es asísmica la brecha de Tehuantepec? ¿Por qué? ¿Qué papel tiene el antearco Centroamericano?

SE09-9

DESENTAÑANDO LA COMPLEJA ESTRUCTURA DEL VOLCÁN CHICHÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MAGNETOTELÚRICO

Ruiz Aguilar Diego¹, Iturbe Domínguez Carolina¹, García Moreno Luis Manuel², Figueroa Córdova Jorge de Jesús², Molina Santiago Mario², Esquinca Priscila² y Husker Allen³¹CICESE²Secretaría de Protección Civil de Chiapas³CALTECH

dieroso@gmail.com

En marzo del presente año, bajo el marco del Convenio de Colaboración firmado entre el CICESE y la Secretaría de Protección Civil del Estado de Chiapas, se adquirieron sondeos magnetotelúricos alrededor del Volcán Chichón con el objetivo de investigar su estructura y así incidir en la gestión del riesgo en la zona. Un total de 10 estaciones magnetotelúricas temporales fueron instaladas, las cuales estuvieron registrando variaciones de las componentes del campo eléctrico y magnético para así poder inferir la distribución de resistividad eléctrica en el subsuelo. Dadas las condiciones para acceder a la zona de estudio, el apoyo de los comités municipales de Protección Civil fue esencial para la adquisición de los datos magnetotelúricos. Se utilizaron dos equipos magnetotelúricos que estuvieron midiendo simultáneamente por lo que se pudo realizar también un procesamiento con la técnica de referencia remota. Las series temporales fueron procesadas mediante técnicas de estadística robusta para estimar las funciones de transferencia, las cuales fueron modeladas inversamente en 3D. El modelo tridimensional obtenido revela una zona por donde posiblemente ascienden fluidos hidrotermales en la parte sur del Volcán. Algunas fallas geológicas identificadas en superficie fueron también correlacionadas con bajos resistivos localizados a diferentes profundidades. Finalmente, se muestran resultados del proyecto MEZCAL (Magnetotelluric Experiment in Zapotecan and Chiapas Ancient Lands) para ayudar a discernir la idea de que el origen del Volcán está relacionado con la dorsal de Tehuantepec, tal como sugieren algunos autores.

SE09-10

¿DÓNDE Y CUÁNDO EMPIEZA Y ACABA EL “PUNTO TRIPLE” DE NORTEAMÉRICA-CARIBE-COCOS? PERSPECTIVAS SOBRE SU ESTRUCTURA Y EVOLUCIÓN

Fitz Díaz Elisa¹, Hernández Vergara Rogelio¹, García Amador Bernardo I.², Parolari Mattia¹, Vázquez Serrano Alberto¹, Serrano López Gabriel¹ y Morán Zenteno Dante J.¹¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

fitzde@gmail.com

El desarrollo de tres proyectos de investigación en el estado de Chiapas, ha generado información que nos permite discutir la relación que existe entre las placas de Norteamérica, Cocos y el Caribe, así como en el punto triple que las conecta. En esta zona, otros autores han analizado datos sísmicos, geodésicos (GPS), gravimétricos y magnetométricos para acotar su configuración y cinemática actual. Sin embargo, los estudios geológico-estructurales son escasos, y las interpretaciones que hasta ahora se tienen se basan más en información de Guatemala, que presume una zona difusa de deformación entre las tres placas, la cual se distribuye en fallas activas hacia el centro y sur de Chiapas. Para dicha zona difusa, en la parte mexicana aún no existe una cartografía completa y/o actualizada que incluya el análisis sistemático de fallas activas e inactivas, y que permitan comprender mejor su evolución durante el Cenozoico. Los resultados de datos estructurales de fallas activas y sus relaciones de corte, que aquí se discutirán, indican que la zona de contacto triple ha sido influenciada por cuatro elementos tectónicos principales, al menos desde el Mioceno medio: (1) la zona subducción de la placa de Cocos por debajo de las placas Norteamericana y el Caribe, (2) el sistema de fallas transcurrentes Polochic-Motagua, (3) el sistema de la zona de cizalla Tonalá-Escuintla, y (3) la falla de Jalpatagua. Dichos sistemas de fallas presumiblemente asistieron el paso del bloque de Chortís frente a las costas de Chiapas, causando la Orogenia Chiapaneca, a manera de un evento de transcurricencia oblicua siniestral que reactivó fallas de basamento orientadas NW-SE. Sin embargo, de todos estos elementos, la dinámica de subducción de la placa de Cocos (antes placa de Farallón, >23 Ma), es la más difícil de seguir, debido a que involucra la posición y migración del bloque de Chortís de oeste a este. No obstante, las evidencias del acortamiento en la zona frontal del Orogénico Mexicano, previo al Oligoceno; el desarrollo del cinturón plegado de Chiapas, en el Mioceno medio; la migración del magmatismo a lo largo de la costa del Pacífico mexicano desde el Cretácico Tardío en Colima, hasta el Mioceno en Chiapas, acompañada por la activación de zonas de cizalla contemporáneas al metamorfismo a los 58 Ma en Acapulco, y plutonismo de 22-27 Ma en Oaxaca y 11-9 Ma en Chiapas; y en conjunto con el sistema izquierdo de las fallas Motagua-Polochic en Guatemala; vuelven a esta región del sureste de México y Guatemala, un escenario tectónico retador a evaluar en el espacio y el tiempo. Finalmente, uno de nuestros resultados preliminares nos lleva a inferir que la falla Motagua estuvo activa desde el Eoceno, mientras que la falla Polochic es un atajo que se activó en el Mioceno medio, llevándonos a repensar la actividad y temporalidad de las fallas como una pieza clave en la configuración y evolución de la zona difusa del contacto entre las placas de Norteamérica, Cocos y el Caribe.

SE09-11 PLÁTICA INVITADA

CONEXIONES DE LAS ZONAS DE CIZALLA NEÓGENICAS DE LAS MÁRGENES CONTINENTALES DE OAXACA Y CHIAPAS: IMPLICACIONES EN LA EVOLUCIÓN DEL PUNTO TRIPLE NORTEAMÉRICA-FARALLÓN-CARIBE

Morán Zenteno Dante Jaime

Instituto de Geología, UNAM

dantez@unam.mx

El problema de la posición y subsecuente desplazamiento del Bloque de Chortís con respecto a la margen pacífica del sur de México constituye una pregunta con implicaciones complejas. Los factores que juegan un papel significativo en el análisis de este problema son: 1) carácter truncado de la margen pacífica del sur de México; 2) la presencia de una zona amplia de antearco en Chiapas; 3) la extinción diacrónica del magmatismo de arco de la sierra Madre del Sur; 4) la cronología y cinemática de las fallas cenozoicas del sur de México y del bloque de Chortís. El grupo de datos que se han publicado recientemente indica que en la margen continental de Oaxaca las zonas de cizalla izquierdas afectan plutones de ~20 Ma. Si estas fallas acompañaron el desplazamiento del Bloque de Chortís, los efectos de deformación deberían extenderse hacia la margen sur de Chiapas. La zona de Cizalla de Tonalá que afecta a plutones de ~10 Ma constituye la principal candidata para acomodar dicho desplazamiento, sin embargo, no se tienen todavía evidencias de que esta zona de cizalla haya sido activa entre 20 y 10 Ma. Lo que si es claro es que el truncamiento continental no se extiende hacia región de Chiapas. Esto significa que después de 10 Ma el punto triple Norteamérica-Farallón-Caribe, se detuvo y esto produjo en una amplia zona de deformación hacia el interior de Chiapas y Guatemala, que acomodó el desplazamiento del Bloque de Chortís sin producir una margen truncada.

SE09-12

ESTRUCTURA LITOSFÉRICA DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC A PARTIR DE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS, CONSTREÑIDOS CON DATOS POTENCIALES Y GEOLOGÍA SUPERFICIAL

Arzate Flores Jorge Arturo¹, Corbo Camargo Fernando¹, Fitz Díaz Elisa², Hernández Vergara Rogelio³ y Ávila Vargas Oscar³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

arzatej@geociencias.unam.mx

Se presentan los primeros resultados del modelo cortical del Istmo de Tehuantepec obtenidos a partir de la inversión 3D de los sondeos magnetotéluricos (MT) adquiridos en la zona hasta profundidades de 50 km. Para este propósito, se utilizaron 10 sondeos MT de banda ancha en el rango de frecuencias de 103 a 10-3 Hz. El transecto se orienta aproximadamente NS paralelo a la carretera del istmo y corta a los principales sistemas de fallas y estructuras de la región, particularmente la zona de cizalla de Motozintla, la zona de cizalla de Tonalá. De forma complementaria, se analizaron las cartas gravimétricas satelitales (GOCE y GRACE) a la escala de la zona del Istmo, así como los datos aeromagnéticos de la carta de Norte America del SGM. Los modelos de resistividad eléctrica del subsuelo se correlacionan con las respuestas gravitacional y magnética de la litósfera, a partir de lo cual se obtiene un modelo estructural a profundidad, constreñido además con las estructuras y geología superficiales de la región. Los resultados representados en una transecta, muestran un contraste en la conductividad eléctrica muy marcado definiendo dos zonas con litologías disímiles, que se observa también en las cartas de gravedad (FA) y anomalía magnética (CMTRP), lo que implica contrastes marcados de densidad y contenido mineralógico de contrastante susceptibilidad magnética. Dicho contraste también presenta expresión topográfica y ocurre entre el sur de la Cuenca de Campeche y la formación Jalpobuchil, compuesta por un paquete sedimentario resistivo del Jurásico-Cretácico aflorando. El límite en este punto marca hacia el sur un basamento resistivo (>1,000 Ohm-m) que se extiende a profundidades de más de 30 km. Este basamento representa al Masizo de Chiapas el cual hospeda de forma discordante los remanentes corticales marinos Jurásico-Cretácico en los últimos 4 km más próximos a la superficie. En contraste, el basamento litológico en la Cuenca de Campeche es muy conductivo (< 50 Ohm-m) incluso a profundidades de la corteza inferior que confirma con un mínimo gravimétrico regional observado (-30 mGal). Sin embargo, en el sector norte del perfil, bajo la cuenca de Campeche, se observa un cuerpo cortical (20 km) resistivo (>1,000 Ohm-m) inmerso en una corteza inferior conductiva, cuyo origen no ha sido confirmado. Estos resultados ayudarán a comprender mejor la tectónica y geodinámica de esta compleja región del país.

SE09-13 CARTEL

EL REGISTRO MAGMÁTICO EN EL SUR DE CHIAPAS EVIDENCIA UNA HISTORIA MAGMÁTICA COMPLEJA DURANTE EL CENOZOICO

Meza David¹, Parolari Mattia², Hernández Rogelio², Albiter Apolinar³ y Fitz Díaz Elisa²

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Universidad Autónoma de Guerrero, UAGro

davidmeza@encit.unam.mx

A lo largo de la falla de Tonalá en la costa del estado de Chiapas se han identificado una serie de plutones de composición granítica y granodiorítica, cuyas edades magmáticas oscilan entre los 9 y 13 Ma. Estas edades han sido consideradas como un indicio adicional de la supuesta migración del magmatismo de arco a lo largo del Cenozoico en el sur de México. Más al sur, específicamente en la zona montañosa al norte de las localidades de Huixtla y Tapachula, afloran rocas intrusivas que, debido a sus similitudes en textura y mineralogía, han sido interpretadas también como de origen miocénico. Sin embargo, nuevos fechamientos de zircones en roca total y sedimentos recientes han revelado una historia magmática considerablemente más compleja, con pulsos magmáticos distribuidos a lo largo de todo el Cenozoico. En este trabajo se presenta una nueva cartografía geológica con el propósito de identificar los diversos cuerpos intrusivos aflorantes. Asimismo, se presentarán los resultados preliminares del estudio petrográfico y geocronológico de los mismos. Dada la complejidad en establecer con precisión los límites de los distintos intrusivos, debido a las inherentes variaciones texturales y mineralógicas de dichos cuerpos, se realizó un análisis geocronológico exhaustivo de los zircones detriticos provenientes de diversas muestras de sedimentos recientes de ríos pertenecientes a las principales cuencas hidrográficas del área de estudio. Los puntos de muestreo fueron elegidos estratégicamente con la finalidad de capturar la distribución geográfica de las edades magmáticas, complementando así las observaciones obtenidas en el campo. Evidentemente, la diversidad significativa de edades magmáticas identificadas en esta región no puede ser adecuadamente explicada mediante una simple migración del frente magmático durante el Cenozoico. En efecto, ninguna región a lo largo del margen mexicano presenta una extensión temporal tan amplia del magmatismo. Por ende, se plantea la hipótesis de que esta porción del sur de Chiapas forma parte del bloque de Chortís. Se postula que, a

medida que este bloque se desplazó desde el sur de México hasta su ubicación actual, registró la mayoría de los pulsos magmáticos cenozoicos.

SE09-14 CARTEL

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DE LA ACTIVIDAD/REACTIVACIÓN RECIENTE DE LA ZONA DE CIZALLA DE TONALÁ, CHIAPAS

Albiter Díaz Apolinar¹, Fitz Díaz Elisa², Hernández Vergara Rogelio², Meza Fematt David³ y Parolari Mattia²

¹Universidad Autónoma de Guerrero, UAGro

²Instituto de Geología, UNAM

³Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

poli.albiter2000@gmail.com

La zona de cizalla/falla Tonalá es una estructura litosférica definida en superficie por el emplazamiento de cuerpos plutónicos miocénicos (de 16 a 9 Ma) que exhiben una deformación dúctil subparalela a una foliación magmática, lo cual ha permitido interpretar un emplazamiento sintectónico. Esta estructura tiene una longitud de más de 200 km y se extiende desde Oaxaca, hasta la frontera con Guatemala abarcando toda la costa de Chiapas, y tiene un patrón anastomosado de 6 a 1 km de ancho, generando una importante zona de debilidad a escala regional. En años recientes se han reportado actividad sísmica a lo largo de esta estructura, así como trazas de falla que afecta abanicos aluviales y capturan ríos, lo cual sugiere su reactivación. Sin embargo, no se ha hecho un estudio sistemático de las fallas y fracturas sobrepuetas a la fábrica dúctil, ni un análisis geomorfológico que permita analizar la actividad neotectónica. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un estudio geomorfológico y estructural en la porción sur de la falla, entre Pijijiapan, Belisario Domínguez y Tapachula, Chiapas. El estudio geomorfológico incluyó el análisis de pendientes y facetas triangulares para identificar lineamientos asociados a familias de fallas y fracturas, cuya ubicación va en concordancia con la geología del área. Se identificaron morfolineamientos de orientación NW-SE, sobreponiéndose paralelamente a la fábrica dúctil de la zona de cizalla de Tonalá. Una segunda familia de orientación E-W que interceptan a las fallas NW-SE. Así mismo, la presencia de una familia con orientación NE-SW, las cuales cortan y desplazan a las fallas de orientación E-W. Por otro lado, con ayuda de un DEM de 15m2/pixel se evaluó la sinuosidad e índice de espaciado en el frente de montaña, donde se determinó que la actividad neotectónica aumenta en la traza de la Falla de Escuintla (de orientación N60°W) indicando que es una falla activa y disminuye en la zona de la planicie costera (Tapachula), a donde se proyectaría la Falla de Tonalá si continuara con su rumbo regional N30°W. Por último, se llevó a cabo un análisis de inversión de estrías, categorizando las fallas en estaciones de acuerdo al tipo de roca y su distribución geográfica. Los resultados indican que las rocas de basamento (ubicadas en el sector norte del área de estudio) presentan cinemática dextral y compresión NW-SE, por otro lado, la falla Escuintla (sector central del área) de orientación E-W, presenta una cinemática sinistral y compresión NE-SW, mientras que en las fallas N-S presentan una cinemática normal dextral con componente normal. En las áreas del volcán Tacaná y la zona de la planicie costera, la cinemática es preferentemente normal. En este trabajo se discuten los datos obtenidos en el contexto de la evolución reciente de la falla de Tonalá y su relación con la configuración del punto triple entre las placas de Cocos, Norteamérica y del Caribe.

SE09-15 CARTEL

EL ROL DE LA ZONA DE CIZALLA DE TONALÁ EN LA CONFIGURACIÓN TECTÓNICA DEL PUNTO TRIPLE ENTRE LAS PLACAS DE NORTEAMÉRICA, COCOS Y CARIBE: EVALUACIÓN DE LOS MODELOS TECTÓNICOS MÁS RECIENTES

Serrano López Gabriel¹, Fitz Díaz Elisa², Ramos Arias Mario Alfredo³ y Parolari Mattia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³ESIA Ticomán, IPN

gabotrop@gmail.com

El límite suroeste del complejo ígneo-metamórfico del Macizo de Chiapas está definido por la falla de Tonalá, la cual se sobrepone a una fábrica milonítica correspondiente con la zona de cizalla de Tonalá. Esta estructura se desarrolló durante el Mioceno tardío y es contemporánea al emplazamiento de la Suite Plutónica de la Costa de Chiapas (SPCC), a lo largo de la cual se localizó la deformación. La zona de cizalla de Tonalá ha sido dividida en dos segmentos: el segmento Tonalá y el segmento Escuintla. El segmento Tonalá, al NW, presenta una orientación N30°W, lineaciones subhorizontales, fábricas dominantes de tipo L-S y una cinemática sinistral, mientras que el segmento Escuintla, al SE, presenta una orientación N60°W, lineaciones tanto subhorizontales como subverticales, fábricas predominantemente S-L y una cinemática sinistral con componente inversa. Ambas zonas de cizalla se formaron a una temperatura de ~450°C y a profundidades corticales entre 6 y 11 km. La zona de cizalla de Tonalá ha sido invocada en distintos modelos que explican la configuración tectónica del punto triple difuso entre las placas Norteamericana, Cocos y Caribe. En este trabajo, se presenta un análisis estructural, microestructural, y cinemático de la zona de cizalla de Tonalá apoyado en cartografía y secciones geológicas, petrografía, termobarometría de Al en hornblenda y un análisis de indicadores cinemáticos en más de cuarenta

muestras colectadas a lo largo y ancho de la estructura. De acuerdo con los resultados presentados en este trabajo, se observó que el modelo del zipper puede ser válido para tiempos recientes, sin embargo, para el Mioceno tardío, el modelo del pull-up es más congruente con nuestras observaciones realizadas a lo largo de la zona de cizalla de Tonalá.

Sesión especial

EXPOSITORES EN LA RAUGM 2023

Organizadores

Leonarda I. Esquivel-Mendiola
Miguel A. Rodríguez-Domínguez
Salvador Fernández

SE10-1

IMPLEMENTACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AL PLAN DE ESTUDIOS DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UNAM

Siebe Christina
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
siebe@unam.mx

Se presentarán las modificaciones aprobadas en mayo de 2023 al plan de estudios del posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. Este programa cuenta ahora con 6 campos de conocimiento y 34 áreas de profundización. Se mostrará brevemente la metodología aplicada para elaborar la propuesta de modificación, así como los principales cambios en la estructura, los mapas curriculares y los requisitos de ingreso.

SE10-2

NUESTRO QUEHACER CIENTÍFICO: DIVISIÓN DE GEOCIENCIAS APLICADAS - IPICYT

Tuxpan Vargas José
División de Geociencias Aplicadas, IPICYT
jose.tuxpan@ipicyt.edu.mx

La División de Geociencias Aplicadas (DGA) del IPICYT ofrece los programas de maestría y doctorado, ambos catalogados como categoría 1 por parte del CONAHCYT. El IPICYT es un centro público de investigación localizado en la capital de San Luis Potosí. Las líneas de investigación principales de la DGA son: Tierra Solida, Meteorología, Exploración Geofísica, Hidrología e Integración de Geosistemas donde se realiza investigación básica y aplicada a la resolución de problemas asociados a prospección de recursos naturales (agua y yacimientos minerales) fenómenos climatológicos y ambientales así como riesgos (deslizamientos, inundaciones, deslaves, incendios forestales, subsidencia, etc). En esta charla, se expondrán algunas de las capacidades y fortalezas que ofrecen nuestros posgrados así como un panorama general del quehacer científico que se realiza en este centro de investigación.

SE10-3

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA UNAM

Morán Zenteno Dante Jaime
Instituto de Geología, UNAM
dantez@unam.mx

Se muestra el estado actual del Instituto de Geología con respecto a los proyectos, servicios e innovaciones. El Instituto se muestra como una institución renovada que realiza investigación de frontera, prácticas docentes innovadoras, así como una vigorosa actividad en materia de extensión universitaria.

SE10-4

OPORTUNIDADES DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN UV

Welsh Rodríguez Carlos Manuel
Centro de Ciencias de la Tierra, UV
cwelsh@uv.mx

El Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana cuenta con un programa de Maestría en Ciencias de la Tierra el cual se desarrolla en un modelo curricular flexible desde dos Líneas de Investigación que dan cuenta de la complejidad de los fenómenos naturales y su interacción con el mundo de lo creado por el hombre. La primera corresponde a Geociencias, que tiene objeto principal el estudio de la vulcanología y sismología y la segunda a Hidroclimatología, que centra su área de estudio en dos disciplinas tales como la climatología aplicada y la hidrología; las cuales a través de la construcción de métodos en el estudio de las

ciencias de la tierra desde técnicas cuantitativas y cualitativas, que den cuenta de la complejidad sistémica y metodológica que se plantea en el posgrado, para generar recursos humanos formados situados temporal y epistemológicamente.

SE10-5

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO: PASADO Y PRESENTE

López-Espinoza Erika Danaé
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
danae@atmosfera.unam.mx

El Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC), fundado el 21 de febrero de 1977, como Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), inició con 54 académicos. Desde sus primeros años se cultivaron la meteorología, climatología, contaminación atmosférica, química atmosférica, aerobiología y, pocos años después, el cambio climático. A partir de septiembre de 2021 inicia una nueva etapa como Instituto, y con una plantilla de 48 investigadores y 34 técnicos académicos tiene el propósito de consolidar, extender y profundizar su misión de investigación, formación de recursos humanos, comunicación y vinculación con la sociedad, de manera multi e interdisciplinaria, priorizando la atención a la problemática regional y nacional en los temas que le conciernen. Hoy en día el ICAYCC deberá dar continuidad a estos grandes retos reconociendo siempre a sus líderes académicos como: Julián Ádem, fundador del CCA y climatólogo que desarrolló el Modelo Termodinámico del Clima, Ernesto Jáuregui, pionero en la investigación sobre climatología urbana, Pedro Mosiño, meteorólogo y climatólogo, Humberto Bravo investigador reconocido por su contribución en contaminación y química atmosférica, Armando Báez especialista en contaminación y química atmosférica, Rafael Villalobos investigador líder en mutagénesis ambiental, Sandra Gómez sobresaliente investigadora en genotoxicología, Irma Rosas investigadora especialista en el área de aerobiología y Carlos Gay referente mundial y pionero que sentó las bases del cambio climático en México.

SE10-7

MAPPING THE LOST RIVERS OF TORONTO USING EM CONDUCTIVITY - WILKET CREEK

Duchoslav Allan y Bernal Itzayana
Zebra Earth Sciences Inc.
allan@zebraes.com

The mapping of lost rivers and creeks in Toronto, Ontario using the GFI's CMD line of electromagnetic conductivity meters. Examples include Wilket Creek as well as others.

SE10-8

EXPLORACIÓN: SÍSMICA ACTIVA Y PASIVA CON NODOS DE BANDA ANCHA

Colchado Casas Juan Carlos
GEOTEM
juan.colchado@geotem.com.mx

La tecnología nodal con sensores MEM's de 3rd generación muestran algunas ventajas logísticas sobre las tecnología convencional (geófonos, sismógrafos, acelerómetros etc.) como su portabilidad y autonomía operativa aunado a su ancho de banda (0.1 - 400 [Hz]) y rango dinámico (128 dB). Estas características permiten ampliar el uso en diferentes aplicaciones en exploración además de registrar en forma continua con sincronización GPS por periodos muy largos (hasta 50 días). La versatilidad de la sismica nodal permite dar solución a un amplio abanico de áreas como Geotecnia, Geotermia, Minería, Petróleo, Riesgos Geológicos, Ingeniería Sísmica etc, algunas técnicas que se pueden implementar son: Microzonificación 1D/2D/3D (Cociente H/V). Exploración Somera VS30 2D/3D (MASW, SPAC, Refracción, Reflexión). Tomografía Sísmica 3D (Primeros Arribos

Fuente Activa, Ruido Sísmico). En esta plática se mostrarán datos reales y algunos modelos obtenidos aplicando algunas de estas técnicas.

SE10-9

EL IMPACTO E IMPORTANCIA DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA, DICT

Reyes Pimentel Thalia Alfonsina
Facultad de Ingeniería, UNAM
treys@unam.mx

En la Facultad de Ingeniería de la UNAM (FI) contamos con una oferta educativa de 15 carreras, cuatro de ellas pertenecen a la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (DICT): Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Minas y Metalurgia, Ingeniería Geológica e Ingeniería Geofísica. Con una matrícula total aproximada de 2,743 alumnos inscritos, los cuales representan el 10% de la población de estudiantes de la FI. Adicional a las carreras en la DICT se ofrecen dos programas de especialidad en: Exploración Petrolera y Caracterización de Yacimientos y en Agua Subterránea, así como un programa de Posgrado de maestría y doctorado en Exploración y Explotación de Recursos Naturales (EERN).

SE10-10

MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

Cuevas-Villanueva Ruth Alfaro
INICIT-UMSNH
ruth.alfaro@umich.mx

Se explicarán las líneas de investigación (LIES) que se cultivan en el Programa de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio. Se realizará una breve mención del currículum de los profesores que integran el Claustro Académico y se hablará además sobre las convocatorias semestrales y los requisitos para ingresar.

Sesión especial

LOS NEXOS COMIDA-ENERGÍA-AGUA EN UN CLIMA CAMBIANTE

Organizadores

Nicolas Maxfield
Gonzalo Martínez

SE11-1

MODELACIÓN AMBIENTAL DEL COMPORTAMIENTO Y DESTINO DE PESTICIDAS AGROINDUSTRIALES EN REGIONES LACUSTRES DE MÉXICO: EL CASO DEL GLIFOSATO Y PARAQUAT

Terán Guerrero Tair Dolores¹, Padilla Castañeda Miguel
Angel², Vargas Castro Daniel³ y Rufino Contreras Iván Ariel³¹Tegard Consultoras, TEGARD²ICAT, UNAM³IGeol, UNAM

lolita.teran@gmail.com

El impacto del uso indiscriminado de agroinsumos en las subcuencas del Lago Chapala y la del Lago Pátzcuaro es ya conocido y se ha registrado el deterioro de los ecosistemas relacionados con estas cuencas que forman parte de las cuencas más extensas de México. Su interés geohidrológico, ambiental y de seguridad nacional se vuelve primordial y nos urge a desarrollar técnicas innovativas de monitoreo y seguimiento a la persistencia y acumulación del glifosato y otros productos similares que se usan en las actividades agropecuarias de las regiones con mayor producción agroindustrial en el estado de Michoacán y de la República Mexicana. Esta investigación plantea el uso de la modelación ambiental y los escenarios del cambio climático para conocer el destino y transporte de herbicidas como el glifosato, que fortalezcan la toma de decisiones y la participación ciudadana en la formulación de políticas públicas para favorecer los ambientes libres de agrotóxicos que ponen en riesgo la salud de los humanos y otros seres vivos y que ponen en peligro la calidad de agua, suelo y productos agropecuarios para el consumo humano. El objetivo de esta modelación fue evaluar el impacto del cambio climático en las sustancias contaminantes seleccionadas que se consumen en las regiones del Lago de Pátzcuaro-Zirahuén y Ciénega del Lago de Chapala, que están ligadas a las actividades agroindustriales y que además son tóxicas para la salud humana. Los resultados obtenidos de la modelación ambiental y de la aplicación de los escenarios climáticos aplicados a la zona de estudio son un referente de apoyo a las comunidades e instituciones en la gestión del riesgo y en el mejoramiento de los procesos de gestión ambiental de los residuos derivados de la agricultura intensiva que caracteriza a la zona de estudio.

SE11-2

EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE CONTAMINANTES EMERGENTES, CONTAMINANTES PRIORITARIOS, Y ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN SITIOS DE ABASTECIMIENTO PARA USO AGRÍCOLA Y HUMANO

Villarreal Rodríguez Samuel, Alarcón Herrera María Teresa, Reynoso Liliana,
Martínez Diego, Torres Luis, Irigoyen José Rafael y García Ana Guadalupe

Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados S.C., CIMAV

samuel.villarreal@cimav.edu.mx

La zona periférica a la ciudad de Durango se caracteriza por la presencia de cultivos agrícolas en donde predominan el maíz, frijol, alfalfa, y en menor medida nogales y avena forrajera; así mismo, se localizan varios asentamientos humanos del tipo rancherías y fincas. Dicha zona agrícola se encuentra dentro de la microcuenca del río El Tunal, ubicada en la subcuenca alta del río San Pedro Mezquital. Las principales fuentes de abastecimiento para la agricultura es la presa Guadalupe Victoria, río El Tunal, y agua de los pozos pertenecientes a las poblaciones locales; siendo esta última la principal fuente para el uso y consumo de los pobladores. Diversos estudios han reportado la presencia de niveles por arriba de la norma para nitritos, nitratos, fosfatos, coliformes fecales y metales pesados como arsénico y flúor. Presumiblemente, no existen estudios sobre la presencia de contaminantes emergentes y prioritarios. Es por ello por lo que el presente estudio tiene por objetivo principal el determinar la presencia de contaminantes emergentes (e.g., fármacos, hormonas, productos de cuidado-higiene personal y de estilo de vida), contaminantes prioritarios (e.g., principalmente pesticidas y químicos industriales), así como la calidad del agua basado en el índice canadiense de calidad del agua (e.g., conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, demanda química de oxígeno,

coliformes fecales, coliformes totales, etc.), incluyendo plomo, arsénico y flúor. Los sitios de estudio comprenden 16 localidades, de los cuales 10 corresponden a muestras subterráneas (agua de pozo), y 9 muestras de agua superficial (río El Tunal y humedales naturales). La relevancia de este estudio reside en la determinación que la calidad del agua pueda tener para los distintos usos a los que es sometida (i.e. riego agrícola, uso doméstico, y consumo humano), con la finalidad de determinar la aptitud de esta y en su defecto proponer acciones de tratamiento de agua según corresponda.

SE11-3

MODELACIÓN INTEGRAL DISTRIBUIDA GEOLÓGICO-GEOFÍSICA DEL SISTEMA ACUÍFERO ALTO ATOYAC-VALLE DE PUEBLA, PARA RESTAURAR EL EQUILIBRIO ECOLÓGICO DE LOS RÍOS ZAHUAPAN, ATOYAC Y ALSESECA

Muñoz Máximo Ignacio

Área de Geociencias Aplicadas DITCO BUAP

ignacio.munozmax@correo.buap.mx

El sistema acuífero Alto Atoyac – Valle de Puebla forma parte de la Cuenca No. 18 del Balsas, también conocido como Territorio Hidrológico 1 (TH-01), durante las últimas cuatro décadas ha experimentado un incremento #500 % en el cambio del uso del suelo de uso agrícola – forestal a uso urbano industrial, pero también la presión sobre todo el sistema acuífero, generando la perforación de más de 1000 pozos de agua en los últimos 40, produciendo un abatimiento progresivo del sistema y pérdida de zonas de recargas efectiva (HRUs) tanto de aguas subterráneas como de zonas de escurrimientos (Muñoz Máximo I., 2015). Ligado al establecimiento de polos de desarrollo económico (principalmente de las industrias metal-mecánica, automotriz y textil), que han incrementado la concentración de población y lógicamente a la demanda de servicios, siendo el agua uno de los recursos naturales estratégicos para el impulso económico de la región. Sin embargo, la calidad del agua de los principales tributarios de la subcuenca Alto Atoyac-Valle de Puebla, ríos Zahuapan y Atoyac (respectivamente) no ha sido cuidada de forma apropiada, volviéndose el drenaje no solo de las descargas urbanas, sino además de todo el sector industrial, culminando en la contaminación de ambos ríos y varios de sus tributarios. Actualmente el TH1 concentra una población de 3'273,463 habitantes (INEGI, 2020) y se tiene proyectada una población de ~5,600,000 habitantes para el año 2030 (CONAPO, 2012). Actualmente el río Atoyac se considera el segundo río más contaminado de México, ya existiendo casos documentados de la existencia de elementos contaminantes (e. g., Cadmio, Arsénico, Plomo) que rebasan los parámetros establecidos dentro de la declaratoria emitida del río Atoyac (DOF-2011) que comprometen no solo al ecosistema circundante, si no a la salud humana (Castresana, 2017). Si bien existen numerosos estudios técnicos – científicos en varias disciplinas, así como numerosos programas de intervención y manejo para buscar el saneamiento de la calidad del agua del Atoyac, por parte de los gobiernos Estatales y Municipales, ninguno de los esfuerzos realizados hasta el momento han sido suficientes, y lo anterior ocurre por un desconocimiento parcial o total de las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la subcuenca, la falta de instrumentación para un monitoreo efectivo, y la elaboración de instrumentos de política pública que contengan estrategias bien fundamentadas por especialistas en disciplinas del campo de las Geociencias. Actualmente la cadena de seguridad alimentaria, seguridad hídrica, los suelos y la salud humana está comprometida. En esta investigación se presenta un "Plan de Acción Estratégico" para recuperar el equilibrio de cuenca, restaurar la seguridad alimentaria y disminuir la contaminación de los ríos Zahuapan, Atoyac y Alseseca, buscando mejorar las condiciones de salud de más de 5.5 millones de habitantes proyectados en habitar esta región para el 2030, a partir de los resultados de una modelación integral distribuida que considera un sistema geológico resultado del análisis de datos aeromagnéticos, geológicos estructurales, estudios de campo y análisis de 1500 datos de pozos de agua.

SE11-4

CARACTERIZACIÓN POR FRXP DE ROCAS ÍGNEAS DE ATLIXCO, Y SUS EFECTOS EN EL SISTEMA ACUÍFERO DE LA SUBCUENCA DEL NEXAPA

Soto Ramírez Daniel¹ y Muñoz Máximo Ignacio²¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT²Área de Geociencias Aplicadas DITCO BUAP

daniel.sramirez@ipicyt.edu.mx

Las rocas ígneas del municipio de Atlixco juegan papel crucial de la zona de recarga del sistema acuífero de la subcuenca del Nexapa, ya que recibe las aportaciones directas de los escurrimientos del Volcán Iztaccíhuatl y del Volcán Popocatepetl. Sin embargo, debido a los eventos piroclásticos asociados a los propios estratovolcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, muchas de las fallas geológicas están sepultadas por los materiales piroclásticos que les subyacen, pero que son detectados a partir del análisis de datos aeromagnéticos, y que inclusive parece ocultar un complejo volcánico sepultado (Soto Ramírez, et al., 2023). Además, durante la última década se ha experimentado un incremento de la mancha urbana y el cambio del uso del suelo no planificado, producto de la pésima elaboración de programas de intervención social y políticas públicas poco acertadas, que son el resultado directo de asignar instrumentos tan valiosos como los ordenamientos territoriales y atlas de riesgo, a consultoras o particulares con un paupérrimo conocimiento del territorio y de una formación geocientífica seria. Las aportaciones del Municipio de Atlixco, son el pulmón del río Nexapa (e. g., el sistema de fallas Cantarranas; Castillo Román J. et al., 2015-2018). Debido a que actualmente muchas de las rocas, se encuentran denudadas y ha incrementado la cantidad de descargas urbanas – industriales en la región, así como la deposición de residuos sólidos urbanos (RSU) no controlados (tirados al interior de barrancas), se ha experimentado una degradación más agresiva de las rocas ígneas expuestas, generando partículas desprendidas que son transportadas en las zonas de recarga efectiva, desprendiendo elementos potencialmente nocivos para la salud humana (e. g., Boro, Plomo). En esta investigación a partir de un estudio ecosistémico, y por Fluorescencia de Rayos X Portátil (FRXP) de 40 puntos de muestreo en el Municipio de Atlixco, y se presentan los resultados obtenidos donde se han analizado sus potenciales efectos sobre el sistema Acuífero de la Subcuenca de Nexapa y sus posibles daños a la Salud Humana al ingresar en la cadena trófica. Los estudios se han realizado como parte de un proyecto integral de seguridad hídrica y riesgo geológico, en el área de Geociencias Aplicadas de la Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento (DITCo-BUAP).

SE11-5 CARTEL

RESPUESTAS DEL TRANSPORTE DE NITRÓGENO FLUVIAL A EXTREMOS CLIMATOLÓGICOS

Maxfield Nicolas¹, Smith Richard² y Vorosmarty Charles¹¹City University of New York²United States Geological Survey, USGS

nicomaxfield@gmail.com

El exceso de nitrógeno afecta la calidad del agua de maneras que pueden ser perjudiciales para la salud humana y tiene numerosas consecuencias para los ecosistemas ribereños y costeros. El cambio climático alterará física y químicamente el procesamiento natural del nitrógeno reactivo en las cuencas hidrográficas, convirtiéndolo en una de las perturbaciones antropogénicas globales más importantes del ciclo del nitrógeno. En este estudio evaluamos los impactos del cambio climático a largo plazo y los extremos climáticos en el flujo total de nitrógeno (TN) de las cuencas hidrográficas en los Estados Unidos contiguos. Utilizamos un modelo SPARROW publicado anteriormente, basado en registros climáticos y medidas de calidad del agua de 420 estaciones de monitoreo, para determinar estadísticamente el impacto y la significancia estadística de la frecuencia de eventos extremos. Encontramos que los extremos secos, húmedos y fríos condujeron a un aumento del flujo de TN, mientras que los extremos secos condujeron a una disminución del flujo de las cuencas hidrográficas. El impacto de los extremos calientes está determinado por el nivel de humedad. Usando GFDL CM4 (SSP 245 y SSP 585) simulamos los impactos del clima futuro en el flujo de TN y descubrimos que, en general, reduciría el flujo de TN. Los impactos variarían según la región y el escenario de cambio climático, con pequeñas reducciones de flujo hacia el Golfo de México y reducciones moderadas hacia el Atlántico Norte y los Grandes Lagos. El flujo hacia las costas del Pacífico Norte, Atlántico Sur y Pacífico Sur aumentaría en SSP 245 y disminuiría en SSP 585. Los resultados arrojan luz sobre la compleja respuesta sistémica del flujo TN al cambio climático.

Sesión especial

APLICACIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN GEOCIENCIAS

Organizadores

José Tuxpan Vargas
Rubicel Trujillo Acatitla
Roberto Ortega

SE12-2

MODELOS DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA CON DATOS DE PERCEPCIÓN REMOTA PARA MONITOREO DE MANGLAR EN MÉXICO

Monterrubio Martínez Erandi¹, Tuxpan Vargas José¹ y Moreno-Casasola Patricia²¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT²Instituto de Ecología, A.C.

erandi.monterrubio@ipicyt.edu.mx

Los manglares son humedales reconocidos internacionalmente dada la importancia por los servicios ecosistémicos que provee de soporte, aprovisionamiento, cultural y regulación. A pesar de ello, a lo largo de las décadas se ha reducido de manera considerable su distribución por la deforestación tanto a nivel internacional como nacional. Es por ello, que se han buscado múltiples estrategias para monitorear estos ecosistemas de manera eficaz y eficiente aprovechando nuevas tecnologías al alcance, como puede ser la percepción remota e inteligencia artificial, que permitan reducir costos e implementar de mejor manera acciones de conservación. En el presente proyecto se utilizaron datos de alta resolución del dron Mavic Mini 2 y de satelitales Landsat y Sentinel 2 para crear modelos de inteligencia artificial. En primera instancia se realizaron vuelos de dron para crear una ortofoto de la laguna de La Mancha, Veracruz y con ello elaborar máscaras de la distribución de cada una de las especies de manglar presentes (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*). Posteriormente se crearon modelos de aprendizaje de máquina mediante la implementación de algoritmos de clasificación supervisada de Random Forest (RF), Support Vector Machines (SVM) y K-Nearest Neighbor (KNN) para detectar y diferenciar poblaciones y comunidades de manglar a nivel nacional de tal forma que pueda realizarse un monitoreo más preciso y a lo largo del tiempo.

SE12-3

DESARROLLO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN CENTRALES EÓLICAS Y FOTOVOLTAICAS

Ochoa Moya Carlos Abraham, Díaz Esteban Yanet y Quintanar Arturo I.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Se diseñó un sistema híbrido para el pronóstico de producción de energía en centrales eólicas y fotovoltaicas distribuidas en todo México. Este sistema consiste en un modelo numérico de pronóstico meteorológico acoplado a una red neuronal. En este caso, variables calculadas en el modelo atmosférico, como velocidad y dirección del viento a 10m, Temperatura y Humedad Relativa a 2m, además de Radiación Neta en superficie se utilizan como insumos para un modelo de red neuronal específico para cada central. Se presentan resultados de un pronóstico retrospectivo a 20 meses donde se evalúa el desempeño del sistema para algunas centrales. Se observa que el pronóstico para centrales fotovoltaicas está dentro de los límites de error del 15 %. Sin embargo, en el caso de las centrales eólicas el error puede llegar a ser mayor. Estos resultados se deben principalmente a problemas del modelo atmosférico para calcular el viento observado en superficie. También se identificó que durante la presencia de frentes fríos, el pronóstico tiende a aumentar el error, principalmente debido a que el modelo atmosférico no logra representar adecuadamente la evolución y velocidad del frente.

SE12-4

ALGORITMO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PRONOSTICAR VALORES AUSENTES EN ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Espinosa Fernández Estefanía, Esteva Cruz Marisol,

Yáñez Pérez Gabriela y Vázquez Báez Víctor Manuel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

estefania.espinosa@alumno.buap.mx

La Inteligencia Artificial (IA) en los últimos años ha tenido un crecimiento exponencial en las diversas áreas del conocimiento, la Geofísica no es la excepción desde la prospección sísmica 3D automatizada hasta la ubicación y determinación óptima de pozos petroleros. En el presente trabajo se muestra el diseño de un algoritmo que pronostica, con la ayuda de Redes Neuronales Artificiales, los valores ausentes en datos de estaciones climatológicas, debido a que en diversos casos los registros están incompletos por diferentes causas y esto limita la realización de estudios. Se presenta también un comparativo de dichos valores con los que resultarían mediante cálculos estándar como la interpolación de Kriging. Este algoritmo es susceptible de adaptarse a un amplio conjunto de sistemas que estén determinados mediante series de tiempo.

SE12-5

DEEP CONVECTIVE CLOUD IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON ASSEMBLED ML MODELS AND ABI GOES DATA

Dávila Ortiz Rodrigo, Tuxpan Vargas José y Carbajal Pérez José Noel

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

rodrigo.davila@ipicyt.edu.mx

This study focuses on the implementation of a prediction framework utilizing Machine Learning classification methods to detect and monitor potential convective events linked to extreme precipitation. In this first stage, this methodology was applied in two study areas, Mexico City (CDMX) and Los Mochis, Sinaloa, selected for their high degree of vulnerability to flooding. Notably, this proposed framework's key attributes include its scalability throughout the national continuum and the use of Open Access products. To implement the framework, a set of reference events will be maintained with images from the Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) in which vertically developing clouds were identified that served to generate the Target Labels. Subsequently, a set of 12 predictors based on cloud optical properties will be presented using data from the Advanced Baseline Imager (ABI) of the GOES-16 satellite. The Machine Learning models used were Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), and Multi-Layer Perceptron (MLP) selected for their wide use in convective hazard forecasting and its simplicity. Furthermore, model assembly techniques are implemented in order to integrate the strengths of the applied ML models, using the Stacking, Voting and, Bagging strategies. Additionally, a comparison between the overall performance of each ML approach and the competition cost was performed. Finally, a post-processing filter based on lightning incidence (Lightning Filter) was applied with data from the Geostationary Lightning Mapper (GLM) of the GOES-16 satellite.

SE12-6

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y SEGMENTACIÓN DE DERRAMES DE PETRÓLEO CON IMÁGENES SAR Y APRENDIZAJE PROFUNDO

Trujillo-Acatitla Rubicel, Tuxpan-Vargas José,
Ovando-Vázquez Cesaré y Monterrubio-Martínez Erandi
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
rubicel.trujillo@ipicyt.edu.mx

Los derrames de petróleo marinos representan un problema a nivel mundial, causando daños al ecosistema y pérdidas económicas. Por tanto, es crucial contar con un mecanismo que mejore la toma de decisiones y tiempos de respuesta ante estos desastres. En este trabajo, proponemos un mecanismo en dos etapas para la clasificación y segmentación de derrames de petróleo con imágenes Sentinel-1 y técnicas de aprendizaje profundo. Para la tarea de clasificación, entrenamos, validamos y probamos distintas configuraciones de redes neuronales convolucionales (CNN). Para la tarea de segmentación, llevamos a cabo varios experimentos que incluyeron modelos como el logístico, perceptrón multicapa y U-net con diferentes configuraciones, métricas y funciones de pérdida. Los resultados muestran que el modelo CNN para clasificación, con la mejor configuración, obtuvo una precisión de 0.99 en entrenamiento, 0.98 en validación y 0.96 en pruebas. En cuanto a los experimentos para la tarea de segmentación, el modelo U-net con la función de pérdida Focal Loss y la métrica IoU, con mayor cantidad de capas convolucionales y filtros (16#32#64#128#256#512#1024), obtuvo una precisión de 0.99 y un IoU de 0.96. Al utilizar el enfoque de dos pasos (CNN-U-net), obtuvimos una precisión de 0.95 y un IoU de 0.90. Nuestros resultados demuestran que el enfoque de dos etapas para la detección y segmentación con aprendizaje profundo, utilizando imágenes Sentinel-1, genera buenas aproximaciones en el monitoreo de derrames de petróleo, lo que lo convierte en una potencial alternativa para desarrollar un mecanismo de monitoreo y apoyar la toma de decisiones.

SE12-7

LA IA AL SERVICIO DE LA DETECCIÓN DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS

Suárez Améndola Arturo¹, Díaz Méndez Guillermo², Hasimoto Beltrán Rogelio¹, Esquivel Trava Bernardo², Cerda Chacón Juan Carlos³, García Lucero Berenisse⁴, Sheinbaum Pardo Julio⁵ y Ocampo Torres Francisco J.⁴

¹CIMAT

²CIGOM - CICESE

³CICESE

⁴CeMIE-Océano, A.C.

manuel.suarez@cimat.mx

Como parte de las actividades del proyecto "Implementación de redes de observaciones oceanográficas para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del golfo de México" del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM), se implementó una red neuronal profunda (RNP) para segmentar anomalías de rugosidad superficial del océano en imágenes de radar adquiridas desde satélites, asociadas con derrames de hidrocarburos [Hasimoto-Beltrán et al. 2023]. Esta RNP se entrenó y validó con imágenes adquiridas por el radar de apertura sintética (RAS) del ya extinto satélite europeo Envisat, durante el gran derrame ocasionado por la explosión de la plataforma Deepwater Horizon frente a la costa de Luisiana, EE. UU., en abril de 2010. Diseñada para evaluar la contribución de tres canales diferentes, calculados a partir de los valores de retrodispersión de las microondas, la RNP fue capaz de segmentar hidrocarburos a nivel de píxel, con una precisión del 98.56%. En este trabajo se presentan los resultados de la implementación de esta RNP para el análisis rutinario de imágenes RAS contemporáneas, con el objeto de asistir en el monitoreo de la presencia de hidrocarburos en la vecindad de la sonda de Campeche. Sin recurrir al reentrenamiento, se han analizado más de 50 casos de derrames potenciales #algunos, recientemente mediatizados#, detectados en imágenes adquiridas desde los satélites europeos Sentinel-1A y -1B, y los alemanes TerraSAR-X/TanDEM-X. Se busca que estos resultados contribuyan con la cuantificación precisa de la extensión de las manchas de aceite detectadas en la superficie del mar. Así mismo, se demuestra la relevancia de utilizarlos para alimentar modelos numéricos que simulan la evolución de un derrame de hidrocarburos en el océano. Los píxeles de 20 m por 20 m segmentados como aceite, se "sembraron" como partículas en el modelo CIC-Oil del grupo de predicción de trayectorias de petróleo del CICESE. El modelo advecta estas partículas de petróleo como resultado de la acción conjunta del viento, el oleaje y las corrientes en el golfo de México. Referencias: Rogelio Hasimoto-Beltrán, Mario Canul-Ku, Guillermo M. Díaz Méndez, Francisco J. Ocampo-Torres, Bernardo Esquivel-Trava. Ocean oil spill detection from SAR images based on multi-channel deep learning semantic segmentation. Marine Pollution Bulletin, Volume 188, 2023, 114651, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114651>.

SE12-8

APRENDIZAJE POR REFUERZO PARA ACCIONES ÓPTIMAS DE DISTRIBUCIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS Y ACUÍFEROS

Ortega Roberto y Carciumaru Dana
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
ortega@cicese.mx

El aprendizaje por refuerzo (RL) se centra en enseñar a los agentes a aprender y tomar decisiones informadas dentro de su entorno, priorizando las estrategias de aprendizaje sobre la mera precisión. Su naturaleza iterativa y adaptativa permite a los agentes refinar su comprensión de las transiciones de estado y las secuencias de acción, permitiendo una mejora continua. Este estudio presenta una aplicación exitosa de la RL en un entorno basado en reglas. Esta combinación ofrece un marco versátil para tareas de RL que implican observaciones continuas y acciones discretas, como demuestran las simulaciones de gestión del agua. El modelo de RL entrenado demuestra su capacidad para aprender del entorno y tomar decisiones basadas en estados en tiempo real. La evaluación del rendimiento consiste en seleccionar las acciones con mayores probabilidades de predicción, lo que pone de manifiesto la adaptabilidad del modelo. Esta adaptabilidad apunta a posibles extensiones a entornos variados, dando cabida a objetivos diversos. Este estudio explora variantes de control político, centrándose en la construcción de presas para satisfacer necesidades inmediatas. El proceso de aprendizaje reforzado, demostrado mediante fases y acciones, sirve de marco fundacional. En conjunto, este trabajo subraya el potencial de la RL para abordar problemas complejos, que exigen exploración, toma de decisiones secuencial y aprendizaje continuo.

SE12-9

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL PARA CLASIFICAR SISMOS TECTÓNICOS Y EXPLOSIONES MINERAS

Díaz Alcántara Delma¹ y De la Cruz Salas Luis Miguel²

¹Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, IIMAS, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

delma_2510@hotmail.com

Uno de los principales retos en la sismología es clasificar correctamente el tipo de fuente sísmica que generó un evento; se pueden identificar dos tipos de fuente: natural o artificial. Una fuente natural es aquella en donde ocurre un mecanismo tectónico, como deslizamientos o fracturas en la corteza. Por otro lado, una fuente se considera artificial cuando agentes no tectónicos se ven involucrados, como una explosión. La identificación de la fuente la realizan especialistas de manera visual, a partir de sismogramas y espectrogramas, y suele ser una tarea compleja que toma mucho tiempo. Dados los últimos avances tecnológicos y el incremento exponencial en la generación de la información, hoy es posible automatizar muchos procesos de la vida diaria mediante el uso de modelos de aprendizaje de máquina. En este trabajo se desarrolla un modelo de aprendizaje supervisado basado en una red neuronal convolucional para clasificar una base de datos de sismos tectónicos y explosiones. La base de datos proviene de la estación ZAIG ubicada en el estado de Zacatecas que es administrada por el SSN. Se realizaron cuatro experimentos con diferente tipo de información como entrada a la red neuronal convolucional. En todos los casos se obtienen resultados con una exactitud mayor al 80% en la clasificación de un conjunto de prueba. Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE101922.

SE12-10

¿CÓMO MEJORAR LOS SISTEMAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS EN AMBIENTES VOLCÁNICOS? CASO DE ESTUDIO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Bernal-Manzanilla Karina¹ y Caló Marco²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

karinabernal@igeofisica.unam.mx

Los volcanes activos son ambientes en los que se registra una gran diversidad de eventos sísmicos. Esto se debe a la variedad de procesos que ocurren en su interior y que involucran la interacción de materiales en fases sólidas y fluidas. Identificar y clasificar estas señales es esencial en el monitoreo volcánico y en la investigación de los procesos dinámicos que ocurren en el interior de los volcanes activos. En general, estas tareas se llevan a cabo de forma manual o semiautomática y requieren de largos periodos de análisis debido a su complejidad. Agilizar estas tareas mediante el uso de técnicas de aprendizaje automático es un interés que ha aumentado en los últimos años. Sin embargo, la aplicación generalizada de estos métodos presenta retos importantes. Por ejemplo, se necesita de grandes catálogos etiquetados manualmente para que los modelos tengan desempeños aceptables. Además, en la mayoría de las publicaciones, los modelos se han entrenado para funcionar en una sola estación. Esta estación "maestra" suele ser de las más cercanas al cráter, por lo

que es vulnerable a dificultades técnicas que pueden interrumpir el registro continuo. En este trabajo presentaremos algunas estrategias que atienden a estas limitaciones y mejoran el desempeño de un modelo, basado en máquinas de vectores de soporte, capaz de identificar y clasificar eventos sísmicos del volcán Popocatepetl. Nuestras contribuciones al flujo de trabajo incluyen estrategias de aumento de datos y la implementación de un algoritmo de reducción de dimensiones. Finalmente, nuestro modelo es capaz de distinguir 4 clases de señales sismo-volcánicas y puede funcionar en múltiples estaciones, por lo que se puede garantizar un monitoreo automático continuo. Investigación realizada gracias al programa UNAM-PAPIIT: IN103823

SE12-11

METODOLOGÍAS DE INTERPRETACIÓN AUTOMÁTICA BASADAS EN EL AGRUPAMIENTO DE DATOS GEOFÍSICOS MULTIDIMENSIONALES

Ortiz Osio Manuel¹, Molino Minero-Re Erik², García Serrano Alejandro¹, Velasco Miguel Ángel¹ y Peña Gaspar Valeria¹

¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Unidad Académica Yucatán, UNAM
soff.rpg@gmail.com

Se presenta una metodologí##a, basada en algoritmos de aprendizaje computacional, para apoyar a la interpretación de datos geof##sicos multidimensionales. Se implementó un preprocesamiento adaptativo basado en la transformada de ond##cula y en algoritmos de detección de anomalí##as, con el propósito de filtrar los datos de entrada buscando mejorar el desempeño de los algoritmos de aprendizaje computacional. El agrupamiento, sector central de la metodologí##a planteada, usa los algoritmos de k-medias, k-medianas y mapas auto-organizados, encontrando los patrones existentes en los datos. En este trabajo se usaron datos provenientes de levantamientos magnetométricos y de tomografí##as de resistividad eléctrica en dos dimensiones, mostrando resultados positivos en los casos de estudio. La metodologí##a propuesta es capaz de fungir como intérprete automático, cuyos resultados son correlacionables con información in situ y con la experiencia de intérpretes en el área de geof##sica.

SE12-12

GENERACIÓN DE RÉPLICAS 3D DE ROCAS USANDO MACHINE LEARNING Y AUTÓMATAS CELULARES

Linares Pérez Juan Eduardo y Vega Sandra
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
eduardo_linares@geociencias.unam.mx

Un autómata celular tridimensional es un sistema de células (vóxeles) que se autorreplica, evolucionando iterativamente en el tiempo y el espacio, debido a un conjunto finito de reglas bien definidas que gobiernan simultáneamente la interacción local de todas las células (vóxeles). Recientemente, se han utilizado diversas técnicas de Machine Learning con la finalidad de reconstruir la estructura porosa de rocas digitales de una manera más controlada [1]. Un nuevo campo de la inteligencia artificial combina los autómatas celulares con redes neuronales [2][3][4][5] entre otras técnicas de Machine Learning para generar progresivamente imágenes tridimensionales, comenzando a crecer desde una célula semilla, mientras va entrenando las reglas que conforman el modelo del autómata celular, hasta que después de un número finito de pasos logra aprender a autoorganizarse y tomar la forma de la figura deseada. El presente trabajo expone resultados preliminares de un conjunto de técnicas para generar réplicas de imágenes 3D de rocas a partir del uso de autómatas celulares combinados con inteligencia artificial. El objetivo principal es simular y analizar, en 3 dimensiones, la forma y el comportamiento de la estructura del espacio poroso conectado y no conectado. Para esto utilizamos imágenes de microtomografía de rayos X de tapones de núcleo de muestras de rocas volcánicas extraídas del Complejo Volcánico Los Hornos, a diferentes escalas y a diferentes resoluciones. [1] Danping Cao, Zhiyu Hou, Quian Liu, and Feiqi Fu. Reconstruction of three-dimensional digital rock guided by prior information with a combination of infoGAN and style-based GAN. (2021) Journal of Petroleum Science and Engineering 208 (2022) 109590. DOI: 10.1016/j.petrol.2021.109590 [2] Mordvintsev A., Randazzo E., Niklasson E., and Levin M. Growing Neural Cellular Automata. Differentiable Model of Morphogenesis. (2020) <https://distill.pub/2020/growing-ca/> [3] Dongsu Zhang, Chanwoon Choi, Jeonghwan Kim, and Young Min Kim. Learning to generate 3D shapes with generative cellular automata. International Conference on Learning Representations (2021). [4] Hernandez-Ruiz A., Vilalta A. and Moreno-Noguer F. Neural Cellular Automata Manifold. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2021). [5] Ole Edvin Skjeltorp. 3D Neural Cellular Automata. Simulating morphogenesis: Shape, color and behavior of three-dimensional structures. University of Oslo (2022).

Sesión especial

MÉTODOS DE INVERSIÓN Y ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES APLICADOS A DATOS GEOFÍSICOS

Organizadores

Marco Calò

Miguel Ángel Rodríguez Domínguez

Thomas Bodin

Ericka Alinne Solano Hernández

SE13-1

INVERSIÓN 1D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS CON ANISOTROPÍA ELÉCTRICA

Centeno Antonio Felix, Colchado Casas Juan Carlos, Gallardo Delgado Luis Alonso, Pita de la Paz Carlos y Huante Arana Francisco
GEOTEM

felix.centeno@geotem.com.mx

El estudio de la anisotropía eléctrica en el interior de la Tierra ha ganado atención recientemente el modelado de datos magnetotelúrico (MT) por la importancia de asimilar el efecto electromagnético de patrones estructurales. Este interés ha motivado el desarrollo de metodologías de modelado e inversión de estructuras eléctricamente anisotrópicas. En este trabajo se presenta el desarrollo de una secuencia de procesos para la inversión de datos MT 1D en un medio con anisotropía eléctrica, partiendo del modelado directo propuesto por (Pek y Santos, 2002), la función objetivo (#) tiene regulaciones en la suavidad del modelo y en la redundancia de la anisotropía, donde la # se resuelve de dos formas; mediante un algoritmo de gradiente o mediante una metaheurística. En los resultados se analizan las implicaciones de invertir datos MT sintéticos con medios anisótropos con algoritmos convencionales que llevan a la generación de artificios numéricos en los procesos de inversión observándose modelos con mayor grado de incertidumbre alejados de la realidad.

SE13-2

FORMULACIÓN DE INVERSIÓN CONJUNTA 3D DE DATOS GEOELÉCTRICOS DE C.D. ACOPLADOS POR EL CAMPO PRESIÓN HIDRÁULICA USANDO EL MÉTODO ADJUNTO

Salas Ariza Jessica Jazmin y Gallardo Luis A.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
jsalas@cicese.edu.mx

Un elemento indispensable para la formulación de un esquema de inversión de datos basado en optimización matemática es el definir una función objetivo, así como la formulación y búsqueda de un punto estacionario de la función objetivo, para esto, es necesario formular un mecanismo de cálculo eficiente en el cálculo del gradiente de la función objetivo, utilizada para minimizar el desajuste de los datos observados a los calculados. Una de las estrategias más comunes utilizada en este cálculo es la teoría de perturbaciones, sin embargo, es una técnica computacionalmente costosa. En este trabajo presentamos la formulación de la inversión conjunta 3D de datos geoelectrónicos de C.D. acoplados por el campo de presión hidráulica, específicamente el desarrollo del cálculo del gradiente de la función objetivo a través de un enfoque variacional del método adjunto. Con esta metodología, el cálculo del gradiente requiere el cálculo de $n+1$ modelados directos, haciéndolo computacionalmente eficiente. La formulación se probó en dos escenarios sintéticos variablemente saturados: i) en un acuífero libre en un medio homogéneo y ii) en un medio heterogéneo. Los resultados muestran un rendimiento computacional superior al cálculo realizado por el método de perturbaciones, además, integrar información del campo de presiones al modelado eléctrico permite: a) aumentar la sensibilidad en la identificación del nivel de saturación; b) aumentar la sensibilidad a cuerpos inmersos en el modelo 3D.

SE13-3

INVERSIÓN CONJUNTA 3D DE DATOS DE ONDAS SÍSMICAS SUPERFICIALES Y GRAVEDAD

Carrillo López Jonathan¹, Pérez Flores Marco Antonio¹ y Calò Marco²¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

jonathan.carrillo.unam@gmail.com

En este trabajo se presenta la metodología y aplicación de un algoritmo de inversión conjunta 3D de datos de ondas sísmicas superficiales y gravedad. El objetivo es acoplar el modelado de dos parámetros geofísicos que están conectados por las leyes de la teoría elástica: la velocidad de la onda S (V_s) y la densidad. Debido al creciente uso del ruido sísmico ambiental para extraer funciones empíricas de Green, la inversión de curvas de dispersión de ondas superficiales es un campo en continuo desarrollo. Uno de los parámetros que se requiere conocer previamente para modelar el campo de V_s , es la densidad. Ésta es frecuentemente estimada a priori a través de relaciones empíricas muy generalizadas, o muchas veces estimadas en otros contextos geológicos, que no siempre representan adecuadamente a la región de estudio. En el flujo de trabajo propuesto, planteamos el cálculo directo de un modelo 3D de densidad mediante el uso de datos de gravedad de forma paralela al cálculo de V_s , utilizando una inversión conjunta que tiene en cuenta un enfoque petrofísico. De esta manera, se pueden aprovechar los kernels de ambas metodologías, y a su vez, esto permite estimar relaciones V_s -densidad más apropiadas para la región y que pueden ser usadas para la estimación de otros parámetros elásticos. Se examina el funcionamiento del algoritmo mediante ejemplos sintéticos y se muestran resultados previos de aplicación a datos de campo en la zona geotérmica de Los Humeros, Puebla.

SE13-4

CARACTERIZACIÓN DE LOS CAMPOS DE ESFUERZO Y DEFORMACIÓN EN SISMOS Y SECUENCIAS COMPLEJAS UTILIZANDO MODELOS PROBABILISTAS JERÁRQUICOS

Juárez Zúñiga Alan¹ y Jordan Thomas²¹University of Southern California (ahora en University of Arizona)²University of Southern California

zu.alan.zu@gmail.com

Los sismos y secuencias sísmicas son la respuesta anelástica de la deformación al campo de esfuerzos tectónicos. La caracterización de los esfuerzos y deformaciones es fundamental para entender y modelar los mecanismos que inician, propagan y terminan las rupturas sísmicas. En este trabajo desarrollamos un modelo de inversión probabilista jerárquico para estimar los parámetros que caracterizan el campo de esfuerzo-deformación y sus incertidumbres. El modelo utiliza mediciones de complejidad del campo tensorial de momentos. Las mediciones de complejidad son el cociente del momento escalar (definido por Aki) sobre el momento total y los momentos fraccionales (la partición del campo tensorial de momentos en una base ortonormal de cinco mecanismos), y se obtienen de distribuciones de tensores de momentos. El modelo de inversión permite estimar las direcciones de los esfuerzos principales, el cociente de esfuerzos diferenciales (R), el factor de complejidad (F_+), y un parámetro nuevo al que nombramos susceptibilidad deformación-esfuerzo (#), y que mide la respuesta de la deformación a los esfuerzos. Valores altos de F_+ indican alta complejidad de los mecanismos y valores altos de # indican alta concentración de esfuerzos. Las incertidumbres en la estimación de mecanismos focales y tensores de momentos pueden ser interpretadas como complejidad, por esa razón cuantificamos su efecto en las mediciones de complejidad y en los parámetros invertidos utilizando un modelo de probabilidades jerárquico. Usamos el modelo propuesto para caracterizar el campo de esfuerzos alrededor del límite de placas en California, EUA. Los resultados muestran correlación entre F_+ y #, y otras variables de evolución tectónica como el desplazamiento acumulado en fallas. Por ejemplo, la sismicidad en las secciones de Parkfield y Loma Prieta de la falla de San

Andrés, que ha tenido más de 150 km de deslizamiento, muestra alta susceptibilidad de la deformación al esfuerzo ($\# = 12 \pm 1.1$). En contraste, las fallas en el bloque del Desierto de Mojave, que tienen menos de 5 km de deslizamiento acumulado, muestran baja susceptibilidad ($\# = 3 \pm 1.5$). El campo de esfuerzos antes del sismo de Ridgecrest de 2019 (Mw7.2) muestra baja susceptibilidad ($\# = 4.3 \pm 2$), mientras que las réplicas muestran alta susceptibilidad ($\# = 7 \pm 2$) indicando que las réplicas responden mayormente a los esfuerzos del sismo principal que a los esfuerzos ambientales de fondo. Estos resultados sugieren que el monitoreo de la complejidad de secuencias sísmicas provee información útil para evaluar el peligro sísmico en tiempo real.

SE13-5

BAYESIAN JOINT INVERSION OF SURFACE AND TELESEISMIC CONVERTED WAVES TO IMAGE THE INNER STRUCTURE OF THE LOS HUMEROS CALDERA

Granados-Chavarría Iván¹, Calò Marco² y Bodin Thomas³¹UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Laboratoire de Géologie de Lyon Terre Planètes Environnement, Francia

igranadosc@igefisica.unam.mx

The characterization of the elastic properties of a volcanic region, through seismic imaging, is an important task for the description of its inner structure. Continuous seismic recording allows us to obtain information about different phenomena which are taking place in its interior, and could be investigated by several methodologies that jointly lead to a robust description of its components. Several approaches for joint inversion of surface waves and teleseismic converted waves has been carried out, focused at crust-mantle scale (Julia et al., 2000; Moorkamp et al., 2010; Roux et al., 2011; etc.), which mainly contain low frequency signals; for upper crust scale (<20 km), where almost all the volcanic fields could be fed by magmatic plumbing systems, but high frequency seismic datasets are not widely, this kind of joint inversions could lead to a better understanding of its inner structure. In this work we used a trans-dimensional Bayesian joint inversion scheme, which uses a pseudo-random sampling algorithm based on the Markov chains Monte Carlo method, to estimate 1D Vs and radial anisotropy probabilistic profiles (Bodin, T., et al. 2012, 2016; Calò, M. et al., 2016). We used the dispersion curves dataset retrieved by ambient noise tomography (ANT; Granados-Chavarría et al., 2022) and teleseismic converted waves at the Los Humeros Volcanic Complex, obtained during the temporal seismic network deployed by the GEMEX consortium (Toledo et al., 2019), composed by 45 seismometers, during 2017-2018. Beside the 3D Vs anisotropic model retrieved by the ANT, these seismic probabilistic models allowed us to better describe the magmatic plumbing system of this volcanic complex, which is in agreement with previous studies. Here we also describe how the geothermal system is heated through several storage zones and fluid ascending pathways, allowing a better description of the conceptual model. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 727550 and the Mexican Energy Sustainability Fund CONACYT-SENER, project 2015-04-68074. We acknowledge the Comisión Federal de Electricidad (CFE) for kindly providing support and advice and for granting access to their geothermal fields. Data has been kindly provided by CFE.

SE13-7 PLÁTICA INVITADA

DENSE NODAL SENSORS PROBE THE UNDERGROUND OF LIPARI VOLCANIC ISLAND (AEOLIAN ISLANDS, ITALY)

Di Luccio Francesca¹, Calò Marco², Persaud Patricia³, VenturaGuido⁴, Cucci Luigi⁴, Esposito Alessandra⁴ y Palano Mimmo⁴¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milan, Italy²UNAM³University of Arizona⁴INGV

francesca.diluccio@ingv.it

We applied Ambient Noise Tomography to continuous data recorded by the 2018 dense seismic array at Lipari. The active volcanic island extends for ~37 km² in the southern Tyrrhenian Sea at the intersection of the WNW-ESE Sisifo-Alicudi fault system to the west, and the NNW-SSE Aeolian-Tindari-Letojanni fault system to southeast, in the framework of the subduction of the Ionian plate under the Calabrian Arc. At Lipari, volcanic rocks and deeper intrusions fill a #3-km-deep structural depression. The volcanic activity developed between 267 ka and historical times (1220 CE). Proceeded from west to east, the early products were basaltic to andesitic lava flows and scoria deposits, while the final stages consist of the extrusion of rhyolitic domes, explosive eruptions including sub-Plinian events, and the emplacement of pumice cones and obsidian lava flows. Although geophysical studies have imaged the structure of the Aeolian Islands at the regional scale, Lipari's structure remained poorly understood due to the lack of a dense seismic network on the island. In 2018, for the first time, 48 compact seismic instruments were installed providing continuous data for about one month that are used in this study to produce the first 3D model of the volcano down to #2.5-3 km depth. Since most of Lipari's seismicity occurs offshore and is not evenly distributed, ambient noise tomography is the most suitable technique to obtain high resolution images of the underground. 3D imaging depicts a complex shallow VS structure revealing the close spatial

and temporal relationship among different volcanic, structural, and hydrothermal features. This complexity is due to the coexistence of a) partly superimposed volcanoes with different structures, for example, a central polygenetic edifice (Mt. S. Angelo), small-scale scoria and pumice cones (Timponi, Mt. Pilato), and domes (Mt. Guardia), b) erupted products with extremely variable compositions, for example, early basalts and basaltic andesites and later andesites, dacites and rhyolites, c) areas of intense hydrothermal activity, and d) zones affected (or not) by faults. High shear wave velocities are found in western Lipari, where active hydrothermal vents and N-S faults are mapped. Low wave speeds are revealed beneath southern and north-eastern Lipari, where more recent (<24 ka) volcanic activity developed along N-S dike-like structures that are aligned with rhyolitic vents. We propose that such dikes may represent the preferred pathways of future volcanic eruptions. This conclusion suggests the importance to continuously monitor variations of geophysical and geochemical observables over time. Results of the 2018 seismic experiment demonstrate that dense nodal arrays can provide high-quality datasets useful for studying the velocity structure of volcanically active and densely populated islands. Such rapid low-cost deployments further allow for the time-lapse monitoring of volcanic and hydrothermal systems for near real-time hazard assessment. In the next future a multidisciplinary approach will be applied to study in detail the lithospheric structure, the pattern of crustal deformation and the geochemical signature of the Central-Aeolian Islands.

SE13-8 CARTEL

ESTUDIO DE LA REGIÓN DE SUBDUCCIÓN DE COCOS EN LA REGIÓN OAXAQUEÑA USANDO INVERSIONES BAYESIANAS DE ONDAS SUPERFICIALES Y FUNCIONES DE RECEPTOR

Montalvo Lara Carlos Emilio¹, Calò Marco², Solano HernándezEricka Alinne³, Sánchez Alonso Fernando⁴ y Bodin Thomas⁴¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM³Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM⁴Laboratoire de Géologie de Lyon Terre Planètes Environnement, Francia

carlosmontalvobvb@gmail.com

En este trabajo presentamos los resultados preliminares de una inversión bayesiana conjunta de curvas de dispersión y funciones de receptor para estudiar la interacción de las placas en la zona de subducción Cocos-Norteamérica bajo Oaxaca, México. Las curvas de dispersión se obtuvieron a partir de la correlación del ruido sísmico ambiental y utilizamos eventos telesísmicos para calcular las funciones de receptor utilizando la metodología propuesta por Ligorria y Ammon (1999). También se explora la posibilidad de utilizar sismos regionales profundos para estimar funciones de receptor regionales que puedan proveer información adicional en la estimación de los modelos. Los datos utilizados en este trabajo se obtuvieron de una red temporal de 10 estaciones, que operaron entre septiembre de 2021 y junio de 2022, además de 2 estaciones permanentes del Servicio Sismológico Nacional de México. Proyecto apoyado por el Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (PASPA) y el proyecto interno UMAR 21I2003.

Sesión especial

RESILIENCIA COSTERA

Organizadores

Paulo Salles

Alec Torres-Freyermuth

Gema Hidalgo Rodríguez

Luis Arturo Mendez Barroso

SE14-1

ESTIMACIÓN DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA BRUTA MEDIANTE ESTIMACIONES DE FLUORESCENCIA DE LA CLOROFILA (SIF) DE SENSORIA REMOTA EN ECOSISTEMAS COSTEROS

Méndez-Barroso Luis Arturo¹, Uuh-Sonda Jorge¹, Sánchez-Mejía Zulía¹, Yépez-González Enrico¹ y Figueroa-Espinoza Bernardo²

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

lmendezb@asu.edu

La estimación de producción primaria bruta (GPP) sigue siendo un desafío importante en el ciclo global de carbono. Durante décadas se han desarrollado diversos métodos para estimar GPP basados en percepción remota, principalmente sensores ópticos. Sin embargo, la baja resolución espacio-temporal y la baja relación señal-ruido de los datos, dificultan su aplicación en ecosistemas fragmentados afectando la estimación de GPP. La fluorescencia de clorofila inducida por el sol (SIF) es una señal emitida durante el proceso fotosintético a nivel molecular, lo cual representa una ventaja sobre la medición de la productividad con métodos ópticos tradicionales. En este estudio se desarrollaron dos modelos para la estimación de GPP basados en la relación de observaciones de GPP estimado por medio de la técnica de covarianza de vórtices (GPP-EC) y datos de percepción remota de SIF. Las observaciones de GPP se obtuvieron de varios equipos de medición de EC instalados en dos ecosistemas (bosque de manglar y selva baja caducifolia), ubicados en las costas de Sonora y la Península de Yucatán, durante el periodo 2016-2020. Los datos de SIF basados en información de percepción remota se obtuvieron del Instrumento de Monitoreo de la Troposfera (TROPOMI) y del Observatorio de carbono en órbita 2 (OCO-2), ambos disponibles para los sitios de estudio y con resolución temporal de ocho días. Los resultados preliminares muestran una relación razonable entre GPP-EC y SIF, destacando TROPOMI por un buen desempeño y con una mejor resolución espacial (3 x 7 km). Los valores de GPP generados a partir de los modelos basados en SIF de TROPOMI y OCO-2 son capaces de reproducir la dinámica estacional observada por las estaciones de monitoreo EC. El presente trabajo muestra una alternativa para la medición de GPP en ecosistemas costeros basados en datos de percepción remota. Este avance nos permite evaluar el cambio o mantenimiento de la productividad de los ecosistemas costeros a largo plazo y su respuesta ante perturbaciones naturales o antropogénicas.

SE14-2

EFFECTO ANTRÓPICO EN LA GEOMORFOLOGÍA Y MORFODINÁMICA DE LA FRANJA COSTERA DE LA LAGUNA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Chávez Saúl

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., CIBNOR

schavez04@cibnor.mx

La ciudad de La Paz no ha sido ajena a las tendencias de crecimiento poblacional que se han dado en las regiones costeras. Crecimiento que se hace evidente a partir de la década de los años noventa del siglo pasado, motivado por una economía basada en la actividad turística; lo que se refleja en el acelerado y desordenado incremento de su área urbana. Contexto en el que se plantea como objetivo analizar el efecto antrópico en la franja y borde costero de la laguna de La Paz, empleando para ello las metodologías de cambios geomorfológicos y morfodinámicos. En el área de estudio se reconocen dos unidades geomorfológicas: Llanura aluvial y Franja costera, ambas sometidas a una creciente actividad antrópica, generando importantes cambios inherentes al urbanismo. El efecto en la franja costera se refleja con la alteración y pérdida parcial o total de ecosistemas costeros, debido a la construcción de infraestructura turística. Al mismo tiempo en la llanura aluvial, el incremento progresivo del área urbana ha reducido el área de escurrimiento efectivo y aporte sedimentario, modificando el balance que dio origen a los ambientes costeros; ocasionando que las condiciones por falta de material cambien lo suficiente, como para reflejarse en la erosión de su línea de costa; que

en una extensión perimetral de 7.1 km en el periodo de 1973 al 2017, registra una tasa de retroceso de -0.00227 km2 en 44 años (0.3 m/año).

SE14-3

DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN POR ENTEROCOCOS EN LAS PLAYAS DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA ¿UNA COSTA RESILIENTE O UNA CATÁSTROFE AMBIENTAL ANUNCIADA?

Díaz Margarita, González Rejón Joana Julieta y Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental

Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental

margarita@pfea.org

Las playas de Tijuana han sido noticia a nivel nacional e internacional figurando como una de las playas más contaminadas del país. La problemática de contaminación del mar por enterococos (descargas de aguas sin tratamiento) no ha sido solamente preocupación para ciudadanos y turistas, si no que en diversas ocasiones asociaciones civiles y autoridades de California, EE.UU. han solicitado la resolución de la situación que también ha afectado sus costas. Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental con su programa Tijuana Waterkeeper ha recopilado datos de los parámetros del agua de mar i.e. temperatura, conductividad eléctrica, pH, etc. y la concentración de enterococos en 5 sitios de muestreo en las playas de Tijuana por casi 10 años. Las playas monitoreadas semanalmente son playa El Faro, Parque México, Cañada Azteca, El Vigía, y Playa Blanca, esta última señalada como la playa más contaminada a nivel nacional. A inicios de 2023 residentes de playas de Tijuana denunciaron olores fétidos a lo largo de toda la costa turística y los monitoreos por parte de las autoridades de prevención de riesgos sanitarios anunciaron altas concentraciones de enterococos en el agua de mar en diversos sitios, los cuales prevalecieron por varios meses. Hasta la fecha no se ha evaluado el impacto del vertimiento de estas aguas en las costas mexicanas, ni su dispersión a otros sitios. En esta presentación se introducirá la problemática, el diagnóstico resultado de los monitoreos del proyecto y trabajo a futuro.

SE14-4

FASE INICIAL DE LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA DEL PUERTO DE SISAL, VARIABILIDAD DE LA HIDRODINÁMICA Y CALIDAD DEL AGUA

Paladio Hernández Alejandro, Salles Paulo y López González José

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

apaladioh@ingen.unam.mx

El Puerto de Sisal, ubicado en Yucatán, enfrenta desafíos significativos debido al cambio climático y la creciente presión humana. Para abordar esta problemática, se recopilarán datos mediante estudios de campo y análisis de laboratorio para comprender mejor los impactos en la zona costera. Las mediciones realizadas en sitio comprenden hasta el momento: corrientes, niveles de agua, salinidad, temperatura, oleaje, batimetría y topografía. La investigación se centra en el análisis y diagnóstico del sistema socio-ecológico de Sisal, evaluando la hidrodinámica, calidad del agua, la salud de los ecosistemas y la caracterización socioeconómica. Para la hidrodinámica y calidad de agua actual se han empleado modelos numéricos (Delft3D) para simular el flujo y transporte del agua, permitiendo conocer las condiciones actuales del sistema mar-puerto-ciénaga, y para simular escenarios de variación del nivel del mar y aportes de agua dulce. El modelo numérico del Puerto de Sisal ha sido calibrado y validado con las mediciones, con los resultados hemos estudiado las principales características de la hidrodinámica del Puerto de Sisal y cómo se comporta en condiciones actuales. Con las mediciones y los resultados del modelo numérico tenemos la fase inicial del estudio de resiliencia del puerto de Sisal, con esto conocemos cuales son los disturbios que afectan al puerto (si son temporales o permanentes), y cuál es la capacidad de resistencia del sistema.

SE14-6 CARTEL

**EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ESTADO
TRÓFICO EN EL SISTEMA LAGUNAR DE AGIABAMPO,
SONORA, BASADOS EN OBSERVACIONES DE
CLOROFILA, TRANSPARENCIA, PH Y OXÍGENO DISUELTO**

Rivas-Marquez Juan Adolfo, Méndez-Barroso Luis
Arturo, Sosa-Tinoco Ian Mateo y Robles Morua Agustín
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
rivas.jarm27@gmail.com

La principal fuente de contaminación de las zonas costeras del sureste del Golfo de California son las descargas de aguas residuales agrícolas, las cuales, contienen una gran cantidad de fertilizantes nitrogenados dando como resultado un exceso de nutrientes en el agua. Sin embargo, el estado trófico en las lagunas costeras del Golfo de California ha sido poco estudiado, especialmente, en la región del Sur de Sonora. El presente trabajo estima la variación temporal y espacial del estado trófico dentro del sistema lagunar de Agiabampo. La evaluación del estado trófico del estero se realizó mediante la aplicación del índice de estado trófico y un índice alternativo basado en la concentración de oxígeno disuelto y pH. Estos índices se estimaron en varios puntos a lo largo del sistema lagunar entre noviembre de 2019 y marzo de 2020. Adicionalmente se midieron en forma continua parámetros físicoquímicos del agua en dos puntos de muestreo mediante sondas de bajo costo. Los resultados indican que los niveles de eutrofización en la columna superficial en ambos índices fueron de medio a altos, mientras que la columna más profunda mostró más variación entre índices. Por otra parte, se encontraron marcadas diferencias estacionales en oxígeno disuelto, clorofila-a, temperatura, pH y salinidad a lo largo de un transecto de 15 km a partir del punto de las descargas de los drenes agrícolas. Se recomienda utilizar el índice basado en clorofila y transparencia en sistemas costeros con alta respuesta a nutrientes y cuya expresión es el crecimiento de micro-macro algas y cianobacterias. Por otra parte, el índice basado en pH y oxígeno disuelto se recomienda utilizarlo en caso de presencia de alta cantidad de materia orgánica en suspensión. Los resultados de este trabajo proporcionan conocimiento base para entender el estado trófico de lagunas costeras que reciben descargas agrícolas. Además, los indicadores propuestos en este trabajo pueden ser implementados en observatorios de monitoreo tanto en el Noroeste de México como en otros sistemas lagunares de regiones semiáridas en el mundo.

Sesión especial

50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA EN CICESE

Organizadores

José Gómez Valdés
Paula Pérez Brunius
Laura Carrillo Bibriezca
Diego Armando Pantoja González

SE15-1

CONMEMORACIÓN DEL CINCUENTENARIO DEL DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL CICESE: LOS PRIMEROS AÑOS, DECENIO 1973-1983

Gómez Valdés José

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
jgomez@cicese.mx

El 11 de agosto de 2023 se llevó a cabo el evento denominado "Tributo a los Constructores del Departamento de Oceanografía Física" en el campus CICESE-Ensenada, en el que integrantes de dicho departamento hicimos memoria juntos de los sucesos del periodo 1973-2023. Norma Herrera, comunicadora del CICESE, publicó en TODO@CICESE la reseña del evento, la que comienza así: "El 22 de abril de 1972, con la aprobación del Conacyt y el aval del Instituto de Geofísica de la UNAM, el proyecto 027 "Estudios oceanográficos en aguas adyacentes el territorio nacional" dirigido por el Dr. Nicolás Grijalva y Ortiz, entonces investigador de dicha institución puma, y codirigido por, en aquel año la oceanóloga María Luisa Argote Espinoza, académica de la UABC, sembró la semilla de lo que hoy es el CICESE y su Departamento de Oceanografía Física (DOF)". Para continuar honrando y valorando el legado de los pioneros, esta plática trata sobre la investigación y la docencia que se practicaban en los primeros años en el DOF, en particular en el decenio 1973-1983.

SE15-2

MI PASO POR EL CICESE: DE INVESTIGADOR A DIRECTOR Y DE REGRESO

Graef Federico

CICESE

fgraef@cicese.mx

En esta charla haré un recuento de mi paso por el CICESE desde 1990 a la fecha, como investigador, director de estudios de posgrado y director general. Incluyo los dos periodos que estuve en el CONACYT como director de fortalecimiento del posgrado (2001-2004) y como director adjunto de desarrollo regional (2016-2018). Hablaré sobre los eventos que considero más relevantes, así como la serie de coincidencias o casualidades (serendipity) que de alguna manera influyeron en mi trayectoria.

SE15-3

ESTUDIANTES DEL POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA FÍSICA EN LOS 90'S

Zavala-Hidalgo Jorge y Romero Rosario

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

jzavala@atmosfera.unam.mx

Recordamos los años que pasamos en el CICESE realizando estudios de posgrado en el Departamento de Oceanografía Física y les compartimos algunos de estos recuerdos que influyeron profundamente en nosotros, tanto como investigadores como en lo personal. Se hace mención de nuestros compañeros y profesores, así como de algunos aspectos académicos, de nuestras amistades, la ciudad y de la influencia en nuestra posterior carrera como investigadores.

SE15-4

THE EFFECT OF THE SEASONAL VARIATION OF STRATIFICATION ON THE CIRCULATION OF THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA

Palacios Emilio¹, Beier Emilio², Lavín Miguel² y Ripa Pedro²¹Universidad de Guadalajara, UDG²CICESE

emilio6x111@gmail.com

Direct current measurements reveal that the circulation of the northern Gulf of California in the annual timescale consists of a cyclonic basinwide gyre ($\sim 0.35 \text{ m s}^{-1}$) that lasts from June to September (4 months), and an anticyclonic gyre ($\sim 0.35 \text{ m s}^{-1}$) lasting from November to April (6 months). The transitions between regimes take about three weeks each. The hypothesis that the difference in duration of the two circulation regimes is due to the seasonal variation of stratification of the water column is explored by simulations with a nonlinear two-layer numerical model of circulation and thermodynamics that includes vertical mixing, parameterized as an entrainment velocity. The model results agree remarkably well with the observations, considering its simplified vertical structure. In addition, the model predicts a net circulation consisting of an anticyclonic gyre of $\sim 0.05 \text{ m s}^{-1}$, with a corresponding average concavity of the interface, and a two-layer exchange through the main channels of the archipelago.

SE15-5

¿MECÁNICA DE FLUIDOS U OCEANOGRAFÍA FÍSICA?

Sandoval Hernández Erika

Universidad de Guadalajara, UDG

erika.sandoval5478@academicos.udg.mx

En esta plática haré un recuento sobre como decidí seguir mi camino de investigación en la Oceanografía Física, ya que cuando llegué a estudiar la maestría en el CICESE en el Departamento de Oceanografía Física yo tenía en mente ser investigadora en el área de Mecánica de Fluidos. Comentaré como tanto como investigadores y personal del CICESE influyeron en cambiar mi línea de interés, así como me desempeño de manera profesional y personal en la investigación actualmente.

SE15-6

DE LA OCEANOGRAFÍA FÍSICA HACIA LA LIMNOLOGÍA FÍSICA

Pantoja Diego Armando

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

diegoseb1@gmail.com

En esta plática hago un recuento como egresado del DOF en la cual hablo del downscaling que realice desde los remolinos de mesoescala del Pacífico Central Mexicano causados por inestabilidades barotrópicas, de los remolinos por separación en Bahía de Banderas hasta los procesos físicos de los lagos del Centro Occidente de México.

SE15-7

VIDEO COLABORATIVO DE COLEGAS Y AMIGOS DEL DOF (I)

Amigos y colegas del DOF¹ y Pérez Brunius Paula²¹Diferentes instituciones de México y el extranjero²Departamento de Oceanografía Física, CICESE

brunius@cicese.mx

Saludos, reflexiones, recuerdos y tributos de colegas y amigos del Departamento de Oceanografía Física en el país y el extranjero se han recopilado en un video colaborativo con motivo del 50 aniversario del Departamento de Oceanografía Física, el cual será mostrado en la sesión. Agradecemos a todos los colegas que contribuyeron. ¡Larga vida al DOF!

SE15-8

VIDEO COLABORATIVO DE COLEGAS Y AMIGOS DEL DOF (II)

Amigos y colegas del DOF¹ y Pérez Brunius Paula²¹Diferentes instituciones de México y el extranjero²Departamento de Oceanografía Física, CICESE

brunius@cicese.mx

Saludos, reflexiones, recuerdos y tributos de colegas y amigos del Departamento de Oceanografía Física de CICESE en el país y el extranjero se han recopilado en un video colaborativo con motivo del 50 aniversario del Departamento, el cual será mostrado en la sesión. Agradecemos a todos los colegas que contribuyeron. ¡Larga vida al DOF!

SE15-9

CANEK Y GMOG SE VAN AL HEMISFERIO SUR INCLUIDA LA ANTÁRTICA: PROPÓSITO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS SOUTH ATLANTIC GATEWAY ARRAY (SAGA) Y SOUTH ATLANTIC CONNECTIONS (SACO)

Sheinbaum Julio¹, Candela Julio¹, Ochoa José¹, Pelegrí Josep Lluís², Hernández-Guerra Alonso³, Vélez-Velchí Pedro⁴, Tenreiro Miguel¹ y Pallàs-Sanz Enric¹¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California²Departament d'Oceanografia Física i Tecnològica, Institut de Ciències del Mar, CSIC, Unidad Asociada ULPGC-CSIC, Barcelona, España³Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Unidad Asociada ULPGC-CSIC, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España⁴Centro Oceanográfico de Canarias, Instituto Español de Oceanografía, CSIC, Santa Cruz de Tenerife, España

julios@cicese.mx

Cerca de la mitad del flujo que pasa por el canal de Yucatán es parte de la llamada Celda de Circulación Meridional del Atlántico (AMOC) y proviene del hemisferio Sur. ¿Cómo es que llegan esas aguas hasta Yucatán? Con la intención de responder a esa pregunta (y muchas otras más!) en 2019-2020, gracias a la larga colaboración -informal pero fructífera- de investigadores de CICESE con colegas de Barcelona, Las Palmas y Tenerife en España, fuimos invitados a colaborar en el proyecto SAGA (SOUTH ATLANTIC GATEWAY ARRAY) incluso en su diseño observacional. La experiencia y conocimientos de Julio Candela y José Ochoa fueron fundamentales para ello. Con pandemia de por medio y la lamentable pérdida del Dr. José Ochoa, en marzo de 2021 tres anclajes y cuatro PIES fueron instalados en una sección meridional sobre la longitud 10 W, entre las latitudes 19.5 S y 34 S, y recuperados en abril 2023. El arreglo tiene estas características debido que la corriente de frontera oeste en el hemisferio Sur (corriente de Brasil) se dirige al polo sur y no puede ser conducto de la AMOC hacia el hemisferio norte, la comunicación es zonal a través de la dorsal Meso-atlántica, conectando los giros subtropical y tropical del hemisferio sur. Como continuación de este proyecto, el proyecto SOUTH ATLANTIC CONNECTIONS (SACO) busca ir a los orígenes de los flujos que conectan la celda superior e inferior de la AMOC y hacer mediciones en diferentes sitios incluyendo la Antártica (mar de Escocia y sus accidentes topográficos) con gliders (GMOG) y anclajes (CANEK). Presentaremos los fundamentos teóricos y observacionales que sustentan las propuestas y las oportunidades de investigación para estudiantes interesados en el tema.

SE15-10

UTILIZACIÓN DE DIFERENTES MODELOS NUMÉRICOS DE CIRCULACIÓN EN EL MODELO CIC-OIL PARA PRONÓSTICO DE DERRAMES DE PETRÓLEO EN EL GOLFO DE MÉXICO

García Lucero Ángeles Berenisse, Sheinbaum Julio, Cerda Chacón Juan Carlos, Verdugo Ortega Homar y Medrano Jaimes Hernan Favio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

abgarcia@cicese.edu.mx

En este trabajo se utiliza el modelo CIC-Oil desarrollado para el proyecto CIGoM ejemplifica el estado del arte en simulación de derrames de petróleo; el modelo toma como base una versión mejorada del modelo de partículas Opendriff (OpenOil)

del Instituto Meteorológico Noruego. Dentro de sus mejoras esta el acoplamiento que le permite a CIC-Oil simular un derrame de petróleo desde la explosión del pozo a su subsecuente evolución en la superficie e intemperización (evaporación, dispersión, emulsificación, Etc.). Se utiliza el pronóstico de diferentes modelos numéricos de circulación, NCOM -AmSeas (Global Navy Coastal Ocean Model American Seas) con 4 días de pronóstico y ROMS-CICESE con 9 días de pronóstico, para el pronóstico de viento se usa Global Forecasting System (GFS) para alimentar al modelo CIC-Oil y generar escenarios de derrames de petróleo. La utilización de los pronóstico son importante para respaldar actividades marítimas (navegación, búsqueda y rescate) conservación de ecosistemas y desastres, reducción y mitigación de riesgos. De ahí la importancia del uso de diferentes modelos numéricos para poder tener un rango amplio de las trayectorias de derrame de petróleo.

SE15-11

PRONÓSTICO DE DERRAMES DE PETRÓLEO A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE USANDO CIC-OIL

Cerda Chacón Juan Carlos, Sheinbaum Pardo Julio, Díaz Méndez Guillermo M., García Lucero Ángeles Berenisse y Verdugo Ortega Homar

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

jcerda@cicese.mx

En este trabajo se presentan los resultados de las simulaciones de la evolución de un derrame de petróleo usando el modelo Cic-Oil detectado por el grupo de Teledetección Activa de la Rugosidad Superficial del Océano (TARSO) del CICESE. El modelo Cic-Oil fue inicializado usando la información de la ubicación y extensión de un derrame de hidrocarburos, esta información es el resultado de una segmentación realizada sobre una imagen de radar de apertura sintética (RAS) mediante la red neuronal profunda (RNP) descrita en Hasimoto et al. [2023]. Esta RNP analiza los valores de retrodispersión de la imagen RAS, su varianza espacial y el campo de viento que se calcula a partir de ella, y determina aquellas regiones de la superficie marina cubiertas por hidrocarburos, a nivel pixel, con un 98.56% de precisión. Como forzamiento para estas simulaciones se usaron los pronósticos disponibles de viento del modelo Global Forecasting System (GFS) y de corrientes oceánicas los modelos NCOM-AmSeas (Global Navy Coastal Ocean Model American Seas) que cuenta con 4 días de pronóstico y ROMS-CICESE que cuenta con 9 días de pronóstico.

SE15-12

PORTADORES DE SARGAZO Y MECANISMO DE INUNDACIÓN COSTERA EN EL MAR CARIBE

Berón-Vera Francisco

University of Miami

fberon@rsmas.miami.edu

Se identifican portadores efectivos de sargazo en el Mar Caribe y se describe un mecanismo para la inundación costera. Extraídos de altimetría satelital, los portadores de sargazo son remolinos de mesoescala con bordes materiales coherentes. Por 'material' se entiende invariante y por 'coherentes' que los bordes resisten estiramiento en un sentido preciso. Tales bordes son independientes del observador, a diferencia de los bordes de remolinos identificados con líneas de corriente instantáneas cerradas del campo altimétrico de altura del mar, los cuales ni son invariantes ni resisten estiramiento. Además, los remolinos materiales coherentes contienen atractores de corta duración para redes de partículas flotantes de tamaño finito o 'inerciales' conectadas elásticamente - una descripción matemática para las balsas de sargazo - las cuales son arrastradas por corrientes oceánicas y vientos. El mecanismo de inundación costera es inestabilidad térmica estimulada por el gradiente de batimetría. El mecanismo se identifica utilizando un modelo minimalista para remolinos del Mar Caribe intensificados en la superficie, el cual es quasigeostrofico con una capa tipo Ripa montada sobre otra de fluido homogéneo el cual se apoya sobre un plano inclinado. Trabajo conjunto con F. Andrade y M. Olascoaga entre otros.

SE15-13

SKILLFUL SEASONAL FORECAST OF SARGASSUM PROLIFERATION IN THE TROPICAL ATLANTIC

Jouanno Julien

IRD

julien.jouanno@ird.fr

The strong proliferation of pelagic Sargassum in the Tropical Atlantic from 2011 has been the subject of increasing attention because of its negative consequences on the environment, fishing, and socioeconomic activities. While the phenomenon is recurrent, it presents strong seasonal and year to year variations. Anticipating the stranding at seasonal scale poses important challenges in terms of observations and modeling. This study describes a strategy to forecast the large scale Sargassum distribution over the Tropical Atlantic, by integrating both transport and physiology of Sargassum. The growth model is supported by a comparison of satellite-estimated growth rates with physical field and nutrient distributions that emphasize the role of temperature in driving the seasonal growth and decay of Sargassum. Retrospective forecasts over the period 2012-2021 reveal great predictability of the Sargassum distribution with up to 7 months in advance. The main outcomes of this forecast are

to help marine stakeholders to develop mitigation and resilience strategies through anticipatory decision-making.

SE15-14

HACIA UN SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y ALERTA TEMPRANA DEL SARGAZO EN EL CARIBE MEXICANO

Pérez Brunius Paula¹, Uribe-Martínez Abigail², Estrada Allis Sheila Natali¹, Carrillo Bibrieza Laura³, Medrano Jaimes Hernan Favio⁴, Peters Recagno Edward M.⁵, Alonzo Marrufo Emma⁵ y 28 Investigadores Corresponsables⁶

¹Departamento de Oceanografía Física, CICESE

²Instituto de Ingeniería, UNAM-SISAL

³ECOSUR-Chetumal

⁴Departamento de Telemática, CICESE

⁵CIGOM

⁶CICESE, UABC, CINVESTAV, II-UNAM, INAPEWSCA, CIMAT, ICAYCC-UNAM, ECOSUR, ENES-UNAM-Mérida
brunius@cicese.mx

Desde el 2015, el Caribe mexicano ha recibido la afluencia anómala de grandes cantidades de sargazo pelágico que arriban en intervalos irregulares, aunque con mayor frecuencia durante el verano. Este fenómeno tiene consecuencias importantes en los ecosistemas costeros, la salud humana, así como en la industria turística y pesquera de la región. La necesidad de tener herramientas que provean información detallada y robusta para la implementación de acciones para el manejo de los arribos masivos de sargazo a la costa, dio lugar a un proyecto multi-institucional e interdisciplinario con el objetivo de diseñar e implementar un sistema piloto de observación y alerta temprana del sargazo en el Caribe mexicano. Este sistema se diseñó e implementó en modo piloto con la visión, capacidades e infraestructura de más de 80 especialistas, entre investigadores y técnicos, pertenecientes a 11 instituciones académicas y de investigación científica en México. En esta plática se presenta el diseño propuesto, basado en tres ejes temáticos: 1) Detección: determinar cuánto sargazo hay y en dónde se encuentra, tanto en mar abierto como en la costa; 2) Pronóstico: estimar de dónde proviene y a dónde se dirige, así como cuándo y cuánto sargazo llegará a la región costera; y 3) Ambiente: establecer qué procesos promueven el arribo o remoción natural del sargazo en la costa, y qué efectos tiene su acumulación en el ambiente costero. Se presenta además la versión prototipo de la plataforma WEB de visualización con ejemplos de los productos que se lograron en el plazo inmediato, así como los productos considerados en el corto y mediano plazo. Además, se reconoce que se requiere de un eje transversal de Vinculación que permita que ser el puente de comunicación con los usuarios, para asegurar que los productos ofrecidos sean de utilidad para ellos. Finalmente, se presentan los logros, amenazas y riesgos para la implementación del sistema, y la necesidad de apoyar este esfuerzo con miras a continuar desarrollando, fortaleciendo y validando a un sistema que promete ser útil para diversos usuarios encargados de la gestión y manejo del sargazo en México, así como de los impactos que tiene sobre los ecosistemas costeros.

SE15-15

REMOLINOS DEL ESCARPE DE CAMPECHE: CARACTERÍSTICAS, TASAS DE PRODUCCIÓN E IMPACTO EN ZONA PROFUNDA DEL GOLFO DE MÉXICO

Domínguez Guadarrama Alejandro¹, Sheinbaum Pardo Julio¹, Pérez Brunius Paula¹ y Jouanno Julien²

¹CICESE

²LEGOS, Université de Toulouse, CNES-CNRS-IRD-UPS, Toulouse, France
adomingu@cicese.edu.mx

Los Remolinos del Escarpe de Campeche (REC) se producen por la interacción de un flujo con la topografía en la zona profunda ($Z > 1500\text{m}$) del Escarpe de Campeche, en el oeste del Golfo de México ($\sim 91.7^\circ\text{W}$). Esta interacción resulta en la separación del flujo y en la producción de vorticidad anticiclónica (alcanzando valores $Ro = \# / f > 1$), y esto factores promueven el desarrollo de una banda de vorticidad que se torna barotrópicamente inestable y rompe en uno o más remolinos; una vez liberados estos se fusionan y son advectados a regiones lejanas a la zona de formación. Se trata de remolinos anticiclónicos coherentes de mesoescala ($Ro = 0.2 - 0.3$) que se extienden desde el fondo ($Z = 3700\text{m}$) hasta aproximadamente 1000m . Se caracterizan por una señal de baja vorticidad potencial debida a su baja estratificación y altos valores de vorticidad anticiclónica ($\# / f > 2$), también muestran altas energías cinéticas, alcanzando valores $EKE > 100\text{ cm}^2\text{ s}^{-2}$; su estructura termohalina es similar a la estructura de los remolinos anticiclónicos intratermoclinales. Resultados numéricos sugieren una tasa de producción promedio entre 6 y 7 remolinos por año, con tiempos de vida promedio $EL = 150 \pm 60$ días, y capacidad para recorrer centenares de kilómetros desde su zona de aparición. La alta tasa de producción, aunada a tiempos de vida largos, sugieren que la población de RECs en la zona abisal del golfo es importante y que estos remolinos pueden transportar trazadores: como nutrientes, contaminantes, organismos/partículas, vorticidad potencial, etc., de la frontera hacia otras regiones de las planicies abisales. Los altos valores de $\#$ ($Ro > 1$) en la zona de separación sugieren la presencia de inestabilidades de submesoescala que pueden dar origen a procesos de disipación y mezcla.

SE15-16

COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE ZOOPLANCTON COMO INDICADORA DE LA CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE NITRATO SUBSUPERFICIAL Y NITRÓGENO FIJADO DENTRO Y FUERA DE UN REMOLINO ANTICICLÓNICO DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Herzka Sharon Z.¹, Sampeiro-Ramos Guillermo², Camacho-Ibar Víctor², Hernández-Sánchez Oscar², Hernández-Ayón Martín², Pallàs Sanz Enric³, Tenreiro Miguel³ y Sheinbaum Julio³

¹Instituto de Ciencias Marinas, Universidad de Texas en Austin

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³Departamento de Oceanografía Física, CICESE

szherzka@gmail.com

Estudios previos en el Atlántico Oriental y en la región de aguas profundas del golfo de México indican que la fijación de nitrógeno molecular (N_2) por diazotófos juega un papel importante sustentando la producción primaria y secundaria en sistemas tropicales oligotróficos, los cuales se caracterizan por una alta estratificación. Los remolinos anticiclónicos (AC) desprendidos de la corriente del Lazo (CL) son estructuras que presentan condiciones oligotróficas, por su origen en el Caribe y por la profundización de la nitraclina, lo cual limita los aportes de nitrato subsuperficial a la zona eufótica. Entender los mecanismos que sustentan la productividad de los ACs implica identificar y cuantificar las fuentes de nitrógeno. En la región profunda del golfo de México, el N fijado y el nitrato subsuperficial difieren en su composición isotópica ($\delta^{15}N$ ca. -1.0 vs 3.5% , respectivamente). A su vez, la composición isotópica del zooplancton se ha utilizado como trazador de las fuentes de nitrógeno asimiladas por el fitoplancton y transferidas a productores secundarios. Durante la campaña PhytoBloomEddy se recolectaron muestras de zooplancton a lo largo de un transecto zonal en un AC de la CL haciendo arrastres oblicuos desde la superficie hasta los 200 m de profundidad (red bongo con luz de malla de $335\text{ }\mu\text{m}$ equipado con un flujómetro). Se midió el biovolumen como proxy de la biomasa zooplanctónica, y se dividieron las muestras en tres fracciones por tamaño: $335 - 1000\text{ }\mu\text{m}$, $1000 - 2000\text{ }\mu\text{m}$, y $> 2000\text{ }\mu\text{m}$. Se midieron los valores de $\delta^{15}N$ en (1) tejidos completos ("bulk análisis") de las tres fracciones para 13 estaciones dentro y fuera del remolino, y (2) en aminoácidos considerados indicativos de fuentes y nivel trófico en la fracción pequeña. Se encontraron mayores bio-volumenes ($76 - 106$ vs. $26 - 42\text{ ml } 1000\text{ m}^{-3}$) en las estaciones fuera o en la periferia del remolino, así como valores más altos de $\delta^{15}N_{\text{bulk}}$ (2.3 a 4.8 vs 1.6 a 3.5%) comparados con valores de las estaciones al interior del AC. Esto sugiere mayores aportes de nitrato fuera del AC. La diferencia en los valores de $\delta^{15}N_{\text{bulk}}$ entre fracciones (1.0 a 1.4%) es consistente con enriquecimiento trófico en ^{15}N en las fracciones con organismos más grandes. Aún se están por recibir los resultados de los análisis de aminoácidos. El análisis de muestras de nitrato de 175 m (por debajo de la nitraclina) indicó valores más altos en la estación al este y fuera del remolino (4.2%) que en su interior (3.2 a 0.21%). Posteriormente, usando $^{15}N_{\text{bulk}}$ para identificar fuentes y ^{15}N de los aminoácidos para estimar el nivel trófico del zooplancton, se aplicarán modelos de mezcla isotópica para cuantificar el porcentaje de contribución del N_2 fijado y del nitrato subsuperficial a la producción secundaria, y se relacionarán los resultados con variables hidrográficas, biogeoquímicas y con estimaciones de flujos verticales. Este estudio contribuirá al entendimiento de los procesos que regulan la productividad y las fuentes de nitrógeno en los remolinos AC de la CL.

SE15-17

ESTRUCTURA Y VARIABILIDAD DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL DE LA CORRIENTE DE YUCATÁN Y SU INFLUENCIA EN LA CIRCULACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO

Romero Arteaga Angélica María, Costa de Almeida Tenreiro Miguel José y Pallàs Sanz Enric
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
anromero@cicese.mx

Mediante observaciones de corrientes in-situ en el Canal de Yucatán, se investiga la estructura y variabilidad del núcleo de la corriente con base en características morfológicas. Este estudio, analiza el área, profundidad máxima del núcleo de la corriente de Yucatán, así como la posición y velocidad de su centroide. Se identifican tres tipos de migración del núcleo de la Corriente de Yucatán. Tipo I: El centroide de la corriente de Yucatán tiende a desplazarse hacia Cuba, alcanzando su profundidad máxima alrededor de 300 m , cuando la extensión de la Corriente de Lazo es mínima, desprendiendo remolinos $\sim 24^\circ\text{N}$. Tipo II: El centroide se contrae hacia Yucatán, alcanzando una profundidad máxima $\sim 500\text{ m}$. Los remolinos que se desprenden entre 24°N y 27°N , coinciden con el periodo de extensión de la Corriente de Lazo. Tipo III: Similar al Tipo II en cuanto a profundidad y posición, del centroide. Sin embargo, en este tipo, existe un mayor número de remolinos que se desprenden de la Corriente de Lazo alrededor de 25°N a 27°N , coincidiendo con la máxima extensión de la Corriente de Lazo.

SE15-18

CONTRACORRIENTES OCEÁNICAS ALREDEDOR DE CUBA

Athie Gabriela¹, Arriaza-Oliveros Lilian², Trincado-Ventura Joel³, Sánchez-Pérez Enrique³, Almanza-Galván David⁴, Rivero-Ordaz Laura⁴, Ochoa José Luis⁵, Candela Julio⁵, Sheinbaum Julio⁶ y Carrillo-Betancourt Yudelis⁷

¹Cátedra CONACYT – Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana

²Instituto de Ciencias del Mar (Icimar), Cuba

³Universidad de Colima

⁴Universidad de León, España

⁵CICESE

gathie@uv.mx

La colaboración entre CICESE y el Instituto de Ciencias del Mar en Cuba inicia en 1996 como parte del proyecto Canek, siendo el estudio de la contracorriente Cubana de particular interés para esta colaboración. Se ha demostrado que este flujo intermitente de 0.38 m/s y 300 m de profundidad en promedio, es relevante dentro en la dinámica no solo del canal de Yucatán, sino para todo el sistema de corrientes alrededor del archipiélago cubano. Se analizaron mediciones continuas de corrientes en las aguas oceánicas alrededor de Cuba, obtenidas de 2012 a 2018. La contracorriente Cubana, presentó una frecuencia de aparición cerca de cabo San Antonio del 90%, con velocidades máximas mayores a 0.9 ms⁻¹. Al norte de Hicacos, la contracorriente con dirección hacia el oeste se observó principalmente en los 13 km cercanos a la costa con una menor frecuencia de aparición (#25%) y cambios de rumbo con periodos de 20 días. Al norte de cayo Coco, en el canal Viejo de Bahamas, la contracorriente definida como el flujo hacia el sureste tuvo una frecuencia de aparición del 40% con velocidades máximas de 0.6 ms⁻¹. No se observó un comportamiento estacional significativo de las contracorrientes en ninguno de los puntos de observación, sin embargo la contracorriente en cabo San Antonio presentó valores extremos en primavera y otoño. En cambio, las contracorrientes alrededor de Cuba están dominadas por una variabilidad significativa entre los 20 y 90 días, posiblemente asociada con la dinámica de remolinos en la zona. Se analizó en detalle la conectividad dinámica entre estas contracorrientes, considerando además como caso particular el periodo de ENOS positivo de 2015-2016, en donde se observó una disminución de la magnitud de la corriente de Yucatán. Durante este periodo, la contracorriente en cabo San Antonio se mantuvo más cerca de la costa, comparada con periodos precedentes, al norte de Hicacos disminuyeron los anticiclones que inducen este flujo hacia el oeste y se observó una mayor presencia de la contracorriente en cayo Coco, aunque con una menor magnitud. A partir de resultados de una simulación numérica, se estimó que la contracorriente Cubana podría extenderse desde San Antonio hasta el norte de Jamaica, interactuando con el giro anticiclónico ubicado al sur del archipiélago, provocando que el sentido del movimiento se invierta y el agua se reincorpore a la corriente de Yucatán.

SE15-19

EVALUACIÓN DEL TRANSPORTE EN EL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE LAZO

Jiménez Méndez Karina¹, Durante Giovanni¹, Jouanno Julien² y Sheinbaum Julio¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²IRD

kjimenez@cicese.edu.mx

Este estudio consiste en analizar la circulación de la Corriente de Lazo utilizando observaciones de un arreglo de anclajes en el canal de Yucatán y el estrecho de Florida. Los datos de velocidad son promedios diarios de 2012 a 2020 en las posiciones y profundidades fijas de los anclajes, filtrados con un paso bajo cortado a 48 hrs para suprimir frecuencias suprainerciales. Estas estimaciones se contrastan con los datos obtenidos de una simulación regional de alta resolución del modelo numérico NEMO (Nucleus for European Modeling of the Ocean). La configuración de aproximadamente 1km de resolución horizontal es en torno al Golfo de México y Mar de Cayman, tiene 75 niveles en la vertical y salidas promedio diarias. La estimación de la variación del transporte en el sistema de la Corriente de Lazo tiene un posible impacto en el desprendimiento de remolinos en el Golfo de México y la transferencia de calor hacia latitudes más altas.

SE15-20

RECONSTRUCCIÓN DEL CAMPO TERMOHALINO Y DE VELOCIDADES GEOSTRÓFICAS EN EL GOLFO DE MÉXICO PROFUNDO, COMBINANDO DATOS HIDROGRÁFICOS CON ALTIMETRÍA SATELITAL

Pérez Brunius Paula¹, Meunier Thomas², García-Carrillo Paula³, Bower Amy², Jayne Steven², Tenreiro Costa Miguel¹ y Furey Heather²

¹Departamento de Oceanografía Física, CICESE

²Woods Hole Oceanographic Institution, EUA

³CICESE

brunius@cicese.mx

Las mediciones satelitales han mejorado significativamente nuestro conocimiento de la evolución de los campos superficiales diarios en la mesoescala. A pesar del gran esfuerzo del programa Argo, una fuente de datos in situ equivalente, que permita estimaciones diarias de la estructura termohalina 3D del océano con la misma resolución espacial y temporal, sigue estando fuera de nuestro alcance. En

esta plática se presenta una base de datos de campos termohalinos 3D diarios para el periodo de la era satelital, con la misma resolución espacial que los datos en malla del nivel del mar absoluto de AVISO, para la región del golfo de México. Esta base de datos se construyó mediante la combinación de la altura de la superficie del mar y los campos Gravest Empirical Mode (GEM). Los campos GEM son proyecciones de datos de perfiles hidrográficos in situ en el espacio de función de corriente geostrofica, lo que da como resultado climatologías bidimensionales que eliminan la variabilidad inducida por el desplazamiento geográfico de fuertes corrientes baroclinicas y remolinos. La base de datos hidrográficos históricos incluye perfiles hidrográficos tomados desde barcos y boyas perfiladoras Argo obtenidos entre 1950 y 2022. Hay suficientes datos disponibles para construir GEM mensuales de temperatura y salinidad. Utilizando la relación entre la función geostrofica de la corriente (a partir de los perfiles hidrográficos) y la altura de la superficie del mar (a partir de productos satelitales en malla), se pueden reconstruir mapas del campo termohalino 4D con la misma resolución horizontal y temporal del producto satelital, y con ello también el campo de velocidades geostroficas. Se presentan análisis del error que la metodología presenta en reproducir perfiles hidrográficos independientes y secciones obtenidas con planeadores submarinos. Esta base de datos estará dispuesta al público general.

SE15-21

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL FORZAMIENTO DE VIENTOS Y CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO OPERACIONAL DE OLEAJE PARA EL GOLFO DE MÉXICO

Osuna Pedro¹, García-Gómez B. Ixetl¹, Quinn-Cervantes

Luis Daniel¹ y Ocampo-Torres Francisco J.²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano)

osunac@cicese.mx

Muchos de los trabajos de investigación en el Departamento de Oceanografía Física del CICESE (DOF-CICESE) están fundamentados en el análisis de la dinámica del océano descrita por modelos numéricos. Recientemente, en el contexto de la implementación de un sistema de pronóstico de la dispersión de derrames de hidrocarburos en el golfo de México, se han realizado esfuerzos encaminados a la implementación y ejecución de modelos hidrodinámicos (olas y corrientes) propios y así generar los insumos adecuados para el sistema de predicción de la dispersión. En este trabajo se presentan los resultados de un análisis de sensibilidad del modelo de predicción del oleaje implementado en el DOF-CICESE ante el uso de diferentes forzamientos atmosféricos y la inclusión de corrientes superficiales. El sistema de predicción está basado en el modelo espectral de tercera generación WaveWatch III, versión 6.07, y en el cual se utiliza la formulación más reciente que describen los procesos de suministro de energía por parte del viento y la disipación de la misma por rompimiento de las olas en aguas profundas (ST6).

SE15-22

PRONÓSTICO OPERACIONAL DE OLEAJE: ANÁLISIS DE VALIDACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CON VIENTOS DE ALTA RESOLUCIÓN

García Gómez Beatriz Ixetl¹, Osuna Pedro¹,

Quinn-Cervantes Luis Daniel¹ y Ocampo-Torres Francisco J.²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano)

bgarcia@cicese.mx

El pronóstico del oleaje siempre ha sido una interrogante para el buen manejo de costas, puertos, navegación, etc. En el departamento de oceanografía física desde sus inicios se ha buscado realizar un pronóstico de oleaje adecuado ya sea con estadística y tablas en los 80s o con modelación numérica. Actualmente se desarrolló el primer pronóstico operacional de oleaje como parte de las actividades del proyecto ampliación-CIGOM. El pronóstico operacional de oleaje utiliza el modelo WaveWatch III en la región del Golfo de México, esta simulación tiene una resolución espacial aproximada de 3km, temporal de una hora y se obtiene una ventana de 10 días de pronóstico. El pronóstico es validado diariamente con observaciones de boyas y altímetros con el fin de proveer una estimación de la confiabilidad de nuestro pronóstico y mejorarlo ajustando algunos parámetros del modelo numérico. Este pronóstico de oleaje tiene como forzamiento vientos superficiales del pronóstico de la NOAA (GFS) cuya resolución espacial y temporal es de 25 km y 3 horas respectivamente. Actualmente se evalúa la posibilidad de tener un pronóstico totalmente "in house" con un pronóstico atmosférico de alta resolución. El forzamiento atmosférico se obtiene del modelo WRF con una resolución espacial de 3 km y temporal de una hora, con una ventana de pronóstico de 10 días.

SE15-23

EFFECTO DEL OLEAJE EN LA TRANSFERENCIA DE MOMENTO ENTRE EL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA

Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo¹, Ocampo Torres Francisco J.², Osuna Pedro³ y Mora Escalante Rodney E.¹

¹CICESE

²CEMIE-Oceano

carlosvillola@gmail.com

Estimar correctamente el esfuerzo de viento en la superficie del mar es de suma importancia en modelos para estudios climáticos, el pronóstico del tiempo y estudios de interacción entre el océano y la atmósfera. Usualmente, se utilizan en estos modelos parametrizaciones para el coeficiente de arrastre del viento sobre la superficie del mar. Dichas relaciones tienden a sobrestimar o subestimar la transferencia de momento, especialmente en regímenes de viento débil a moderado y/o en presencia de swell. También se hace la suposición de que el esfuerzo de viento siempre se encuentra alineado con el viento, más no siempre es el caso. Por medio de mediciones del oleaje y velocidad del viento por medio de una Boya Oceanográfica y Meteorología Marina (BOMM), se estimó el esfuerzo de viento y sus componentes: la que está asociada a la turbulencia y la coherente con las olas. También se caracterizó el estado del mar al obtener el espectro direccional del oleaje. Se realizaron mediciones continuas durante 10 meses en dos sitios (uno en el Golfo de México y otro en la Bahía de Todos Santos) con tasas de muestreo de 20 Hz para el nivel de la superficie libre y 100 Hz para la velocidad del viento. Se realizó un análisis del esfuerzo de viento en un marco de referencia inercial con respecto a la dirección de propagación de las olas, que tiene la ventaja de minimizar los errores de cálculo asociados a viento débil o a la presencia de swell en las parametrizaciones más comunes del coeficiente de arrastre sobre la superficie del mar. Se observó que la magnitud y dirección del esfuerzo de viento dependen del ángulo entre el viento y la dirección de propagación de las olas, la relación entre la velocidad del viento y la celeridad de fase de las olas U/C_p y la altura significativa de las olas H_s .

SE15-24

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL OLEAJE EN LA MEDICIÓN DE CORRIENTES SUPERFICIALES POR UNA BOYA EN MOVIMIENTO

Herrera-Vázquez Carlos Francisco¹, Rascole Nicolás², Ocampo Torres Francisco Javier³, Osuna Pedro¹ y García Nava Héctor⁴

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, IFREMER, CNRS, Université de Bretagne Occidentale, F29280 Brest, France

³CeMIE-Océano, A.C.

⁴Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
cherrera@cicese.edu.mx

En este trabajo, se analiza el error asociado a la medición de corrientes superficiales realizadas por un sensor instalado en una boya o línea de anclaje cuya posición se ve influenciada por la presencia del oleaje. La evaluación del error se efectúa considerando la corriente promedio, y se aborda desde una perspectiva euleriana, así como a través de un marco de referencia que sigue el movimiento de las olas. El análisis se desarrolla tanto de manera analítica como a través de un modelo simplificado de corrientes. En el modelo, se considera una corriente de tipo Ekman junto con el campo de velocidades orbitales generado a partir de la teoría lineal del oleaje. El movimiento inducido por la presencia del oleaje en una boya o línea de anclaje fue incluido al considerar que, para un sistema de oleaje dado, únicamente inducen movimiento las olas de baja frecuencia hasta una frecuencia máxima, la cual está determinada por las características de flotabilidad o anclaje de la boya. Los resultados obtenidos indican que el error está relacionado con el valor del perfil de deriva de Stokes del oleaje. Esto implica que, para una profundidad dada, el error puede llegar a ser proporcional o incluso superior al valor de la deriva de Stokes. Se identificó que la magnitud del error está principalmente ligada al grado de desarrollo del oleaje y al tipo de movimiento presente en la boya o línea de anclaje. Este error en las mediciones de corrientes superficiales resulta significativo en las mediciones tomadas por debajo de los valles de las olas y por encima de la profundidad de e-folding. Por debajo de esta profundidad, el error se vuelve menos relevante. Los resultados de este estudio contribuyen a una mejor interpretación de los datos de corrientes superficiales recopilados a través de boyas, permitiendo así una mayor precisión en estas mediciones y en el cálculo de corrientes promedio.

SE15-25

INESTABILIDAD TÉRMICA EN EL MODELO DE RIPA CON ESTRATIFICACIÓN

Olascoaga María Josefina

RSMAS - University of Miami

jolascoaga@rsmas.miami.edu

Simulaciones numéricas directas del llamado 'modelo de Ripa', es decir, el de aguas someras con inhomogeneidad lateral de flotabilidad, revelan la producción de circulaciones de submesoescala que se asemejan mucho a las estructuras normalmente observadas en imágenes satelitales de color del océano. Pero cuando al modelo de Ripa se le incluye estratificación, tales circulaciones o 'inestabilidades

termicas' se ven amortiguadas. En esta charla reportamos resultados del estudio de la estabilidad de una corriente zonal baroclínica en el modelo de Ripa con estratificación con el fin de entender los resultados numéricos antes mencionados. Trabajo en conjunto con F. Javier Beron-Vera.

SE15-26

GENERACIÓN DE CORRIENTES OCEÁNICAS SOBRE TOPOGRAFÍA EN TURBULENCIA FORZADA

Zavala Sansón Luis

CICESE

lzavala@cicese.mx

Si se aplica un forzamiento superficial, aleatorio y dependiente del tiempo, ¿cuál es el estado de movimiento que alcanza un flujo oceánico? Se podría pensar que el flujo resultante es desordenado debido a la aleatoriedad del forzamiento. Sin embargo, cuando los efectos de la rotación de la Tierra son importantes y se tiene la presencia de variaciones topográficas del fondo, el estado que alcanza el fluido es el de una corriente semi-estacionaria que circula a lo largo de los contornos geostrofos (definidos por la razón entre el parámetro de Coriolis y la profundidad del fluido). Este comportamiento es contraintuitivo porque no es evidente bajo qué mecanismo un forzamiento aleatorio resulta en una corriente bien organizada (en promedio). En esta charla se describe que dicho flujo se puede predecir de acuerdo a los principios de la mecánica estadística, aún cuando el sistema se encuentra fuera de equilibrio. Se discute que el mecanismo de formación aparentemente espontánea puede ayudar a entender la generación de corrientes profundas cuyo origen sea difícil de explicar. Al final también se aborda la conjetura de que cambios de largo plazo en la turbulencia oceánica (que pudieran deberse, por ejemplo, al cambio climático) pueden alterar significativamente sistemas de corrientes oceánicos de gran escala.

SE15-27

ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN VERTICAL EN UN REMOLINO DE OSEEN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE EKMAN DE FONDO

Ocampo Jaimes Jesús, Zavala Sansón Luis y Graef Federico

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

ocampojj@cicese.edu.mx

En este trabajo estudiamos la dispersión vertical de partículas pasivas en un remolino de Oseen estacionario y uno no estacionario mediante un modelo estocástico. El objetivo principal es cuantificar el impacto del decaimiento del remolino no estacionario sobre la dispersión vertical de las partículas. Inducimos velocidades radiales y verticales con base en la teoría de Ekman de fondo. La velocidad radial provoca que los remolinos con circulación positiva expulsen partículas, mientras que aquellos con circulación negativa tienden a acumularlas hacia el origen. El decaimiento de la vorticidad del remolino no estacionario genera mayor velocidad vertical o bombeo de Ekman comparado con el caso estacionario en un intervalo radial particular que depende del tiempo. Cuando la velocidad radial posiciona a las partículas en dicho intervalo, el remolino no estacionario genera mayor transporte vertical, aun cuando se debilita. Esto ocurre principalmente en remolinos con circulación positiva, los cuales se caracterizan por elevar partículas. Por el contrario, en los remolinos con circulación negativa hay mayor hundimiento en el caso estacionario, dado que cerca del origen la vorticidad siempre es mayor.

SE15-28

EFFECTO DEL LASTRE DE DERIVADORES EN EL CÁLCULO DE MATRICES DE TRANSICIÓN APLICADAS AL PROBLEMA DE LOS DESECHOS MARINOS SUPERFICIALES

González Amador María Fernanda y Zavala Sansón Luis

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

mariafernanda@cicese.edu.mx

Con el fin de simular la dispersión superficial y acumulación global de los desechos marinos, se calcularon matrices de transición a partir de registros del Programa Global de Derivadores recopilados desde 1970 hasta 2022. Las matrices de transición permiten calcular la probabilidad de pasar de un estado A a uno B en un tiempo determinado. Para esto, requerimos un sistema temporalmente homogéneo, es decir, donde las reglas gobernantes sean siempre las mismas, como en este caso la conectividad histórica o promedio del océano. Los derivadores son boyas superficiales que pueden o no tener un cuerpo de resistencia de 15 m de profundidad. Debido a la influencia de este lastre es posible obtener trayectorias que son una buena representación de los movimientos de trazadores pasivos asociados con la velocidad geostrofica abajo de la capa de Ekman. Los derivadores sin lastre, por otra parte, son más sensibles a efectos superficiales como la deriva de Ekman y la deriva de Stokes. Para evaluar el efecto del cuerpo de resistencia, comparamos el resultado de diferentes simulaciones realizadas con matrices calculadas a partir de registros sin lastre, con lastre y del conjunto completo. Los experimentos estadísticos describen la evolución temporal de trazadores superficiales mediante elipses de dispersión. Esta segunda herramienta rastrea las descargas puntuales simuladas,

lo que nos permitió calcular las rutas preferentes, delimitar zonas de acumulación en las diferentes cuencas oceánicas (en el contexto de los desechos marinos superficiales, las famosas islas de basura), los tiempos de arribo y contribuciones relativas de cada sitio en las zonas de acumulación. El trabajo también compara el efecto de variar el tamaño de malla y paso de tiempo en el cálculo de las probabilidades. Finalmente, se comentará sobre ideas futuras para la incorporación de procesos no conservativos asociados a los desechos plásticos en las matrices.

SE15-29

DISPERSIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL EN UN MODELO IDEALIZADO DE LA CIRCULACIÓN INDUCIDA POR EL VIENTO

Barrientos Valencia José Rodrigo y Zavala Sansón Luis

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
 rodbarr_fis@outlook.com

Se estudia en forma teórica y numérica la dispersión horizontal y vertical de trazadores pasivos en un océano turbulento forzado por el viento. El objetivo es analizar su distribución superficial en escalas de cientos a miles de kilómetros, así como su variación vertical en los primeros metros de profundidad. Los trazadores utilizados son partículas sintéticas que se advectan mediante un modelo Lagrangiano con un método Runge-Kutta de 4° orden. Se consideran cuatro mecanismos de dispersión en la superficie: (i) corrientes geostróficas a gran escala basadas en el modelo clásico de Stommel en una cuenca cuadrada, que representa un giro anticiclónico forzado por el viento e intensificado en la frontera oeste; (ii) la deriva de Ekman generada por un viento con dirección constante o variable; (iii) los movimientos de submesoescala, para los cuales se considera una turbulencia homogénea parametrizada con una caminata aleatoria; y (iv) efectos inerciales asociados a la flotabilidad del trazador. Por otro lado, se incluye la velocidad vertical asociada al transporte de Ekman. En la primera parte del estudio se analiza la dispersión horizontal de partículas liberadas en regiones arbitrarias del dominio. Dependiendo de los mecanismos empleados en cada experimento, el sistema alcanza un estado final estacionario de los cuales resaltan dos resultados importantes: 1) suponiendo la deriva de Ekman con dirección constante, el centro de masa se aproxima al centro del giro de Stommel (hacia la frontera oeste) conforme se disminuyen los efectos de la turbulencia; y 2) cuando se consideran los efectos inerciales, al incrementar la densidad o disminuir el radio de las partículas, el centro de masa termina por localizarse más cerca del centro de la cuenca. En la segunda parte se analiza la distribución vertical comparando casos con y sin inercia. Al considerar efectos inerciales, los trazadores alcanzan un desplazamiento vertical mayor.

SE15-30

HACIA UN PRONÓSTICO ESTACIONAL Y DE ESCENARIOS FUTUROS DE ONDAS DE CALOR Y HELADAS EXTREMAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO: BASES, AVANCES Y RETOS

Cortés Ramos Jorge¹, León Cruz José Francisco² y Meza-Landero Hiram Abif³

¹CONACYT-Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Unidad La Paz

²Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM

³Chemical Transport Modelling Department, Institute of Coastal Environmental Chemistry, Helmholtz-Zentrum Hereon
 jorgecr@cicese.mx

La ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos tales como sequías, tormentas eléctricas, de granizo, ciclones tropicales, ondas de calor y heladas son en el presente un tema de gran interés para los miembros de la comunidad científica enfocados en temas de tiempo severo. En el pasado, este tipo de eventos han ocurrido con cierta regularidad, habiéndose demostrado que no sólo dependen de los factores antropogénicos y el calentamiento global como forzadores de su intensidad y duración, sino también están involucradas múltiples variables físicas naturales que determinan la severidad de estos eventos, así como su ocurrencia. En el presente trabajo se muestran algunos de los avances realizados para analizar la eficiencia de las salidas de cuatro modelos climáticos globales (MCGs), comúnmente utilizados en la región Noroeste de México, para el pronóstico de escenarios futuros de eventos extremos en su escenario de emisiones más alto (RCP 8.5). Con base en el estudio de eventos históricos ocurridos entre 1970 y 2005, así como aquellos eventos recientes (2005-2020) donde los MCGs comenzaron a simular condiciones climáticas futuras forzadas por las emisiones, se hace una referencia de la funcionalidad de cada modelo en reproducir eventos extremos de ondas de calor y heladas en la región noroeste de México. A partir de esta referencia, se propone un ajuste dinámico de escala con el modelo climático regional Weather Research and Forecasting (WRF) para los días y años en que dichos eventos tuvieron lugar. Se muestran los avances del desempeño del WRF para reproducir tres casos de heladas extremas usando como forzador del modelo los datos de reanálisis ERA5. Mediante ocho parametrizaciones físicas del WRF se evaluó el rendimiento del modelo y su sensibilidad para reproducir estas heladas seleccionadas con diferente intensidad, duración y extensión sobre la región de estudio. Los avances de esta investigación muestran un alto potencial de colaboración con otros miembros de la comunidad científica, investigadores,

egresados y estudiantes del Departamento de Oceanografía Física que lleven a desarrollar más investigaciones enfocadas a las ciencias atmosféricas en México.

SE15-31

LA OSCILACIÓN TRICENTENARIA DEL OCEANO PACÍFICO ECUATORIAL

Martínez López Benjamín

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 benmar@atmosfera.unam.mx

La interacción entre el océano y la atmósfera es un mecanismo esencial que nos permite entender y algunas veces pronosticar la evolución del clima. El así llamado fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), representa el proceso de interacción entre el océano y la atmósfera más importante que haya sido identificado y parcialmente entendido. Las repercusiones de ENOS a nivel mundial son conocidas y pueden ser, en algunos casos, devastadoras, por lo que es prioritario avanzar en su entendimiento y, eventualmente, en su pronóstico de mediano o largo plazo. En este trabajo, analizo con técnicas no lineales datos históricos disponibles de temperatura superficial del mar para el período 1870-2022. En las regiones ecuatoriales se observa un calentamiento no homogéneo, consistente con el que se obtiene aplicando técnicas lineales. Sin embargo, el análisis no lineal permite calcular la aceleración del calentamiento, develándose un comportamiento muy diferente en la región oriental del Pacífico ecuatorial. Básicamente, esta región muestra un calentamiento inicial, el cual se amortigua con los años, llegando a un máximo y disminuyendo posteriormente. Esta evolución explica el enfriamiento actual en esa región del Pacífico obtenido de datos satelitales. Por el contrario, la región occidental del Pacífico ecuatorial presenta inicialmente un enfriamiento ligero, el cual después de algunas décadas se convierte en un calentamiento sostenido que se mantiene hasta el fin del registro. Es notorio que la amplitud del calentamiento es comparable en las dos regiones y la evolución de largo plazo en dos localidades sugiere un comportamiento oscilatorio similar, pero con una fase diferente. Ajustando una función sinusoidal, se obtiene un período de un poco más de 300 años, el cual se puede justificar considerando un rango de profundidades de 50 a 300 metros, y una difusión vertical de temperatura variando dentro de un rango de valores realistas. Lo relevante de esta oscilación tricentenaria, es que al calcular la diferencia entre las dos localidades, obtenemos una estimación de la evolución de largo plazo del gradiente zonal de temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial. Los resultados muestran que en prácticamente todo nuestro registro observacional, el gradiente zonal de temperatura fue menor que su valor medio, lo cual podría haber favorecido una mayor ocurrencia de fases positivas de ENOS, es decir, de Niños, los cuales de hecho dominan el registro observacional. Según esta oscilación tricentenaria, nos encontramos actualmente inmersos en un período de transición y en algunos pocos años más estaremos entrando en un período en el cual las Niñas comenzarán a dominar. Esta interpretación se refuerza analizando las variaciones de largo plazo de índices de ENOS. Puede parecer conflictivo pensar en una oscilación con un período de un poco más de 300 años, construida con observaciones de 153 años. Sin embargo, la fase diferente de las dos localidades podría haber favorecido su identificación. Por otro lado, el papel de ENOS en el clima mundial es fundamental y de ahí la importancia que pudiera tener la identificación de esta oscilación tricentenaria del gradiente zonal de temperatura en el Pacífico ecuatorial.

SE15-32

EL GOLFO DE CALIFORNIA Y EL MONZÓN DE AMÉRICA DEL NORTE

Turrent Cuauhtémoc

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
 turrentc@cicese.mx

El Monzón de América del Norte (MAN) es el componente central del ciclo hidrológico del noroeste de México y suroeste de Estados Unidos, una región habitada por 35 millones de personas que enfrenta una disminución sostenida de la precipitación durante el resto del siglo XXI por causa del calentamiento global. El trabajo reciente de Boos y Pascale (2021) plantea un cambio de paradigma en el entendimiento de los procesos físicos que regulan la evolución del MAN. En lugar de ser una respuesta a forzamientos térmicos, como lo son las circulaciones monzónicas tropicales del resto del planeta, el trabajo de Boos y Pascale argumenta que el MAN es resultado de la interacción de la circulación media de la atmósfera subtropical con la Sierra Madre Occidental. Tanto los resultados de Boos y Pascale (2021), como los de múltiples otros estudios que han analizado escenarios de cambio climático para la región del MAN, fueron formulados utilizando modelos que no resuelven procesos meteorológicos que ocurren sobre el golfo de California (sistemas de brisas marinas y de montaña, el ciclo diurno de convergencia de la circulación superficial, chorros térmicos de bajos niveles, inversión térmica en el tope de la capa planetaria, mezcla turbulenta y evaporación, entre otros) cuya relevancia para el sistema también ha sido mostrada en estudios recientes. Se presentan resultados de una serie de simulaciones numéricas idealizadas, que incluyen y omiten dichos procesos, para actualizar el entendimiento de la variabilidad climática natural del MAN en el contexto de la hipótesis nueva de forzamiento orográfico.

SE15-33

CIRCULACIÓN SUPERFICIAL EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Castro Rubén¹, Flores Vidal Xavier², Durazo Reginaldo¹, Ocampo Francisco Javier³, Saavedra Johanna⁴, Rodríguez Padilla Isaac⁵ y Larrañaga Marco⁶

¹Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas

²Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas

³CEMIE-Océano, Instituto de Ingeniería UNAM, Ensenada, B.C., México

⁴CICESE, Departamento de Oceanografía Física, Ensenada, B.C., México

⁵Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida

⁶LEGOS, Université de Toulouse, CNES-CNRS-IRD-UPS, Toulouse, France

rcastro@uabc.edu.mx

Dependiendo de las dimensiones, orientación y características topográficas, la circulación de mares semicerrados adyacentes a regiones de afloramiento costero está fuertemente influenciados por su interacción con un chorro de surgencia en la plataforma de aguas adyacentes. Un caso especial son bahías cuadradas, donde la abertura es aproximadamente del mismo tamaño que la longitud, y están bordeadas por promontorios en la entrada. En este estudio se analizaron las corrientes superficiales medidas entre 2009 y 2020 con radares de alta frecuencia (HF) en la Bahía de Todos Santos, una bahía rectangular ubicada en el noroeste de México. Se obtuvo la circulación superficial promedio de largo periodo y su patrón estacional. Las mediciones del radar HF indican que el patrón de circulación promedio dentro la bahía es ciclónico, con agua de la Corriente de California (CC) entrando principalmente como un chorro costero por la boca norte. La similitud entre los mapas promedio mensual y el promedio de largo plazo sugiere que la circulación ciclónica persiste a lo largo del año. Un análisis de escalamiento demuestra que, dado el tamaño de la bahía, solo se forma un remolino en el interior, el cual está controlado principalmente por la inercia, (chorro costero de la CC). La bahía funciona como una sombra o trampa de surgencia modulada por la circulación ciclónica

SE15-34

CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS THERMOHALINAS ASOCIADAS A LA CAPA DE MEZCLA DE LA PARTE SUR DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Pérez Corona Yuritzy¹, Gómez Valdés José¹, Vázquez Cuervo Jorge², Aparco Lara Jonathan¹ y Miranda Bojórquez Luis Erasmo¹

¹CICESE

²JPL NASA

yuricorona@gmail.com

Las fluctuaciones de densidad producidas por la temperatura y salinidad generan procesos de mezcla al crear flotabilidad e inducen gradientes que generan la circulación termohalina. La relación entre los gradientes horizontales de temperatura y salinidad se estudian habitualmente utilizando la razón de densidad (R) o el ángulo de Turner (Tu), donde R se define como la razón entre los gradientes de temperatura y los gradientes de salinidad y Tu como el arctan (R). Los frentes oceánicos, definidos por un cambio abrupto lateral en la densidad, suelen relacionarse con el parámetro Tu . Por otro lado, se han observado zonas en la capa de mezcla donde compensación termohalina ocurre que también pueden ser estudiadas usando Tu . En este trabajo, examinamos las estructuras de la capa de mezcla de la parte sur de la corriente de California utilizando Tu . Para identificar y cuantificar su aparición, se utilizó la parte real de los coeficientes de las ondeletas. Con los coeficientes reales, se realizaron gráficos de dispersión y funciones de densidad de probabilidad. Los datos de temperatura y salinidad de la capa de mezcla se obtuvieron a partir de termosalinógrafos montados en buque del programa California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) de los cruceros de enero de 2004 a octubre de 2016. Los resultados mostraron tres clases de frentes 1) frente compuesto ($Tu = -\pi/4$), 2) frente térmico ($Tu = \pm\pi/2$), y 3) frente salino ($Tu = 0$). Se encontró que los frentes más frecuentes son los térmicos, apareciendo principalmente en las zonas de surgencias (cerca de la costa) durante todo el año en regiones donde la capa de mezcla se mostró somera. Los frentes compuestos fueron los menos comunes, presentes en su mayoría en el invierno. Los frentes salinos se localizaron principalmente lejos de la costa en el invierno y la primavera. Las estructuras compensadas mostraron su aparición en las máximas profundidades de la capa de mezcla principalmente en otoño, en zonas lejos de la costa. Frentes y zonas de compensación se presentan a diferentes escalas, la escala común entre ellos se sitúa entre 10 y 15 km.

SE15-35

COMPENSACIÓN THERMOHALINA EN LA CAPA SUPERIOR DEL OCÉANO

Gómez Valdés José

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

jgomez@cicese.mx

Desde las primeras observaciones de las variables temperatura (T) y salinidad (S) en los océanos utilizando buques los oceanógrafos han investigado las relaciones entre ellas. En el libro de oceanografía más leído en el siglo XX, *The Oceans Their Physics, Chemistry, and General Biology*, H. U. Sverdrup recopiló cientos de observaciones de este tipo y mostró las relaciones T-S de las masas de agua más

conspicuas de los océanos. Usando la jerga actual de la oceanografía física se dice que sus relaciones tienen validez en la escala grande de un océano estacionario. Trabajos recientes sobre las relaciones T-S en la capa superior del océano han arrojado resultados novedosos, por ejemplo, que no solo dependen de la posición geográfica o de las estaciones climatológicas, sino también de las estructuras y sus escalas. Una de esas estructuras que han llamado la atención de los oceanógrafos, sobre todo por sus implicaciones en el papel que juegan en el problema de la cuantificación correcta del calor que se intercambia entre el océano y la atmósfera, es la denominada estructura de compensación termohalina, donde las fluctuaciones laterales de temperatura y salinidad se cancelan entre ellas, dejando un campo de densidad lateral constante. Estas estructuras han sido observadas a varias escalas menores a la mesoescala usando plataformas de observación tradicionales y modernas. Esta plática tiene dos componentes principales: 1) revisar la literatura y 2) compartir resultados recientes del Laboratorio de Corrientes Limitrofes Orientales del CICESE

SE15-36 CARTEL

COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS DE PROYECCIÓN VERTICAL DE DATOS DEL NIVEL DEL MAR PARA OBTENER LA ESTRUCTURA TERMOHALINA EN LA REGIÓN DE LA CORRIENTE DEL LAZO

García Carrillo Paula¹, Pérez Brunius Paula¹, Meunier Thomas² y Bower Amy²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Woods Hole Oceanographic Institution, EUA

pgarcia@cicese.mx

La extensión de la corriente del Lazo en el Golfo de México oriental está siendo ampliamente estudiada por su papel en el aporte de energía y calor y las consecuencias que esto tiene para la industria petrolera y la predicción de huracanes en la región. La necesidad de mejorar la predictibilidad en la variabilidad de su extensión y la liberación de remolinos del Lazo requiere conocer la estructura termohalina, lo cual ha impulsado el lanzamiento de una gran cantidad de boyas perfiladoras Argo en el este del golfo. A pesar del gran esfuerzo invertido en la colecta de la mayor cantidad de datos, sigue habiendo grandes huecos tanto temporales como espaciales en las observaciones in situ. Una forma de rellenar estos huecos es realizando proyecciones verticales de datos en superficie, combinando la información obtenida de percepción remota con los perfiles hidrográficos disponibles en la región. Para ello existen varios métodos ("Gravest Empirical Modes", "Improved Synthetic Ocean Profiles", ensambles de covarianzas, entre otros) que buscan estimar una función que pueda describir la variación de temperatura y salinidad con la profundidad en función del nivel del mar, obteniendo así la variabilidad de la estructura termohalina con la cobertura espacial y temporal que ofrecen los datos de satélite. En este trabajo, se muestran los resultados de la comparación entre distintos métodos de proyección vertical que actualmente se utilizan para inicializar o asimilar en modelos numéricos. La comparación se realizó para cuatro temporadas en las que la corriente del Lazo se encontraba en su máxima extensión, previo a la liberación de un remolino. Para dicha comparación se calculó el error cuadrático medio entre perfiles de salinidad y temperatura de boyas Argo que se encontraban dentro de la corriente del Lazo durante esos periodos, y los perfiles reconstruidos con los distintos métodos en las mismas posiciones de las observaciones in situ.

SE15-37 CARTEL

CORRECCIONES A LA TEMPERATURA OBSERVADA EN ANCLAJES INSTRUMENTADOS SOMETIDOS A MIGRACIÓN VERTICAL EN PRESENCIA DE FLUJOS INTENSOS

Rodríguez Outerelo Javier, Pérez Brunius Paula y Sheinbaum Pardo Julio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

outerelo@cicese.edu.mx

Obtener series de tiempo de perfiles de temperatura mediante anclajes instrumentados resulta complejo en regiones de aguas profundas con flujos intensos. El arrastre de la corriente sobre el anclaje produce movimientos verticales que pueden desplazar varias decenas de metros a los instrumentos de su posición nominal, complicando obtener la serie de tiempo a la profundidad deseada. Hay una serie de métodos para interpolar la temperatura a la profundidad nominal corrigiendo los errores que se introducen por migración vertical del anclaje. Estos métodos incluyen la interpolación lineal, el método de Hogg (1991), basado en ajustes polinomiales, y el método de Johns (2005), que utiliza el gradiente vertical de perfiles de temperatura históricos para hacer las correcciones. En este estudio se evalúa el error de estos tres métodos en reproducir perfiles verticales de temperatura conocidos a partir de mediciones puntuales obtenidas por anclajes con migración vertical en el canal de Yucatán. El objetivo es determinar el método más preciso y eficiente para reconstruir la serie de tiempo de los perfiles de temperatura a partir de las bases de datos de los anclajes instrumentados en el golfo de México y canal de Yucatán del grupo CANEK.

SE15-38 CARTEL

MODELACIÓN DEL DERRAME DE PETRÓLEO “DEEP WATER HORIZON” UTILIZANDO EL MODELO CIC-OIL - IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MÓDULO DE RESPUESTA CON DISPERSANTES QUÍMICOS

Verdugo Ortega Homar¹, Sheinbaum Pardo Julio¹, Kotzakoulakis Konstantinos², García Lucero Ángeles Berenisse¹, Cerda Chacón Juan Carlos¹ y Medrano Jaimes Hernan Favio¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²SINTEF Ocean, Trondheim, Noruega
homarverdugo@gmail.com

Utilizamos el modelo CIC-OIL para simular el accidente ocurrido en el norte del Golfo de México en abril 2010, conocido comúnmente como “Deep Water Horizon” (DWH). El modelo acoplado CIC-OIL traduce las salidas de “Texas A&M Oil Spill Calculator” (TAMOC) (Kotzakoulakis and George, 2021) para después utilizarlas como condiciones iniciales en un modelo basado en Opendrift (Dagestad et. al., 2018) sobre el cual se realizaron una serie de modificaciones y adiciones a sus procesos intemperización del petróleo. Este acoplamiento le permite a CIC-OIL simular un derrame de petróleo en toda su extensión. Desde la explosión del pozo a su subsecuente evolución de campo lejano e intemperización. Comparamos los resultados obtenidos utilizando diferentes factores de arrastre de viento con los obtenidos utilizando el nuevo módulo de “respuesta con dispersantes químicos” incorporado dentro de CIC-OIL. Está provee a CIC-OIL la capacidad de simular la aplicación de diferentes dispersantes químicos utilizados en operaciones de respuesta tanto en superficie como a boca de pozo. La eficiencia de los diferentes tipos de dispersantes químicos y la distribución superficial de petróleo obtenida al utilizarlos depende en gran parte de las condiciones ambientales presentes en el sitio y durante el periodo de aplicación. Se utilizaron datos de temperatura, salinidad, y velocidades provenientes del re análisis de HYCOM y vientos superficiales de CFSR. Se observa que el factor de arrastre de viento juega un papel principal en la distribución superficial y en la cantidad de petróleo que se vara en la costa. Se utilizaron seis procesos de intemperización para los experimentos: evaporación, biodegradación, espárcimiento, emulsificación, mezcla turbulenta y arrastre vertical generado por oleaje.

SE15-39 CARTEL

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL SARGAZO EN EL CARIBE MEXICANO A DISTINTAS RESOLUCIONES

De Santos Medina Ana Lucia, Estrada Allis Sheila Natali y Guerrero Moreno Lorena
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
desantos@cicese.edu.mx

Desde el 2011 se observan grandes concentraciones de sargazo pelágico en el Atlántico tropical formando una banda que llega a extenderse desde la costa occidental de África hasta el Golfo de México. El arribo masivo de sargazo a las costas provoca daños tanto a los ecosistemas como a la sociedad. Motivado por dicha problemática y con el fin de mejorar los modelos de predicción de arribazones se propone analizar la distribución de sargazo en el Caribe mexicano modelado como un trazador pasivo en el modelo de circulación oceánica Regional Ocean Modelling System (ROMS). Se busca comparar los patrones de distribución del trazador en salidas de mallas con dos resoluciones distintas (a 1 y 5 km) con el fin de determinar a qué escala espacial es necesario desarrollar modelos de predicción para explicar los patrones observados. Los trazadores se colocan en regiones específicas donde la dinámica parece ser el principal factor que controla la distribución del sargazo. Los rasgos principales de circulación en el Caribe mexicano son la corriente de Caimán y un flujo débil dominado por remolinos al sur de Cuba. Se espera que las estructuras de mesoescala que dominan la circulación de la zona sean las principales responsables de la advección de los trazadores con una contribución por estructuras de submesoescala en su agregación.

SE15-40 CARTEL

SOBRE LA VALIDACIÓN Y COMPARACIÓN DE MODELOS OCEÁNICOS DEL GOLFO DE MÉXICO

Munguía Daniela¹, Sheinbaum Julio¹, Estrada Sheila¹, Guerrero Lorena¹, García Ivonne², Jouanno Julien² y Jiménez Karina¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Institute of Research for Development
dmunguia@cicese.edu.mx

El trabajo en modelación numérica está en constante cambio y cada vez se vuelve más esencial para estudiar nuestros océanos, sin embargo necesitamos de observaciones para evaluar el desempeño de los modelos y sin ellas sería muy difícil tomar decisiones sobre el uso que les damos a las simulaciones. En este trabajo se compararon y validaron modelos oceánicos generados con el propósito de entender y pronosticar el estado del océano. Los modelos evaluados son el ROMS (Regional Ocean Modeling System) y el NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) en un dominio que resuelve la dinámica del Golfo de México a diferentes resoluciones. En los resultados podemos ver como los modelos reproducen, a través de diferentes variables, a los actores principales del golfo, como, la Corriente de Lazo y sus anticiclones. Además, para los modelos corridos en modo pronóstico, podemos

evaluar qué modelo está reproduciendo mejor el estado del océano y compartirlo con aquellos usuarios que puedan necesitar este tipo de información. Tal es el caso de los que generan pronósticos de derrames de petróleo, arribazones de sargazo o hasta las trayectorias seguidas por instrumentos oceanográficos perdidos a la deriva de las corrientes.

SE15-41 CARTEL

DETECCIÓN DE SARGAZO CON RADARES DE MICROONDAS - UNA PERSPECTIVA MULTIPLATAFORMA

Díaz Méndez Guillermo¹, Hasimoto Beltrán Rogelio², Esquivel Trava Bernardo¹, Suárez Améndola Arturo², Ocampo Torres Francisco J.³, García Nava Héctor⁴ y Escalante Mancera Edgar⁵

¹CiGoM - CICESE

²CIMAT

³CeMIE-Océano, A.C.

⁴IIO - UABC

⁵SAMO - UNAM

gdiaz@cicese.mx

El arribo de sargazo pelágico (Sargassum natans y S. fluitans) al Caribe occidental, desde el Atlántico ecuatorial, se ha incrementado significativamente desde 2011 [García-Sánchez et al. 2020]. Advección hacia el oeste, siguiendo patrones de circulación bien conocidos [Carrillo et al. 2015], el sargazo se acumula en el las costas, donde el oleaje y el viento intenso lo apilan en las playas y pueden empujarlo hacia el interior de las lagunas arrecifales de la península de Yucatán. Además de afectar el turismo y tener un impacto negativo en las economías locales, la descomposición de grandes volúmenes de sargazo varado en las playas da origen a la llamada “marea marrón” y presenta una seria amenaza para la salud humana y del ambiente [van Tussenbroek et al. 2017]. Con el fin de contribuir con el entendimiento de este fenómeno, en 2022 el gobierno federal financió la creación de un Sistema de Observación y Alerta Temprana de Sargazo (SOATS), integrado por especialistas de numerosos centros de investigación e instituciones de educación superior del país. Como parte de esta iniciativa, el grupo de Teledetección Activa de la Rugosidad Superficial del Océano (TARSO) del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CiGoM) implementó una estrategia de detección de sargazo a partir de imágenes adquiridas por radares de apertura sintética (RAS) transportados en satélites. A diferencia de las metodologías que explotan las propiedades ópticas de la clorofila, la detección del sargazo con radar se basa en la capacidad del alga para modificar la rugosidad superficial del océano y, por tanto, modular la retrodispersión de las microondas. En este trabajo se presentan los resultados del análisis de imágenes RAS adquiridas sobre el Caribe occidental durante los meses de abril a noviembre de 2018 y 2022. Se recopilaron y procesaron imágenes de características diferentes: frecuencia operativa f_0 de 5.4 GHz (banda-C), polarización dual (VV y VH) y 10 m por lado de pixel, adquiridas desde los satélites europeos Sentinel-1; y $f_0 = 9.6$ GHz (banda-X), copolarización vertical y hasta 3 m por lado de pixel, adquiridas desde los satélites alemanes TerraSAR-X y TanDEM-X. Los análisis revelaron que, independientemente de la frecuencia del radar, las balsas y filamentos de sargazo inducen anomalías positivas de retrodispersión, como indica Qi et al. [2022], rodeadas por un halo de baja retrodispersión, en relación con aquella asociada al océano circundante. Para realizar la segmentación del sargazo y cuantificar su cobertura espacial, se implementó un filtro basado en técnicas de visión artificial y procesamiento de señales. Los resultados de esta segmentación son alentadores al compararlos con observaciones realizadas en imágenes ópticas adquiridas desde los satélites europeos Sentinel-2A y -2B. A diferencia de estas últimas, sin embargo, la detección de sargazo con RAS presenta una dependencia en la rapidez del viento: la capacidad de detección disminuye conforme el viento aumenta hacia $U_{10} = 8 - 12$ ms⁻¹. Para finalizar, se presentan también resultados de segmentación obtenidos a partir de secuencias de imágenes de radar marino (banda-X y copolarización horizontal).

SE15-42 CARTEL

PATRONES DE MOVIMIENTO VERTICAL DE BALLENAS PILOTO DE ALETAS CORTAS EN EL GOLFO DE MÉXICO INFERIDOS CON DATOS DE TIEMPO EN TEMPERATURA

Durán-Irigoyen M. Gabriela¹, García-Aguilar María C.¹, Pérez-Brunius Paula² y García-Carrillo Paula²

¹Departamento de Oceanografía Biológica, CICESE

²Departamento de Oceanografía Física, CICESE
brunius@cicese.mx

El uso de la telemetría satelital complementada con datos ambientales permite caracterizar los patrones de movimiento de los mamíferos marinos. Las Smart Position Only Tags (SPOT; Wildlife Computers Inc., WA) son pequeñas marcas que además de proporcionar la posición de los animales (latitud, longitud), también transmiten registros periódicos de la cantidad de tiempo (en porcentaje) que un animal pasa dentro de intervalos de temperatura definidos por el usuario, que se resumen en histogramas de tiempo a temperatura (TAT). Usamos datos TAT para analizar los movimientos verticales de 7 ballenas piloto de aletas cortas marcadas en el Golfo de México. Para interpretar los histogramas TAT en el contexto del comportamiento de buceo, se utilizó la técnica Gravest Empirical Mode (GEM) en combinación con altimetría satelital para determinar los estratos de profundidad a partir de los estratos de temperatura registrados por las ballenas. Los campos GEM

se construyeron utilizando 36 perfiles de temperatura y presión de tres boyas Argo ubicadas entre 19° y 21°N, y 95° y 96,2°W. Se recuperó un total de 180 histogramas TAT, que se transformaron en histogramas TAD reorganizando los datos dentro de cinco estratos de profundidad asociados a estados de comportamiento: (1) movimientos cercanos a la superficie (<20 m de profundidad), (2) inmersiones sin forrajeo (20-50 m), (3) inmersiones de forrajeo poco profundas (50-150 m), (4) inmersiones de forrajeo intermedias (150-300 m) y (5) inmersiones de forrajeo profundas (>300 m). Las ballenas piloto pasaron la mayor parte de su tiempo realizando inmersiones sin forrajeo (44 % del tiempo), seguidas de inmersiones de forrajeo poco profundas (26 %), inmersiones de forrajeo profundas (13 %), movimientos cercanos a la superficie (11 %) e inmersiones de forrajeo intermedias (6%). En general, pasaron mucho más tiempo moviéndose cerca de la superficie durante el día que durante la noche, y pasaron más del doble de tiempo en inmersiones de alimentación poco profundas durante la noche que durante el día, pero casi tres veces más tiempo buceando profundamente durante el día que en la noche.

SE15-43 CARTEL

IMPACTO DE UN FRENTE FRÍO ATMOSFÉRICO EN REMOLINOS ANTICICLÓNICOS OCEÁNICOS EN EL GOLFO DE MÉXICO UTILIZANDO SALIDAS DEL MODELO HYCOM

Aguilar González Ana Laura, Zavala Hidalgo Jorge, Olvera Prado Erick, Higuera Parra Susana y García Loginova Vladimir
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
al.aguilar@atmosfera.unam.mx

El estudio del impacto que tienen los vientos en remolinos oceánicos ha sido de gran interés no sólo por los procesos físicos involucrados, sino también por las alteraciones que pueden ocasionar en el ciclo biogeoquímico marino. En el Golfo de México se han realizado diversos estudios en los que se analiza la concentración de clorofila-a, asociada a la presencia de fitoplancton en el océano, y su relación con los remolinos desprendidos de la Corriente de Lazo y la presencia de vientos intensos. En la región del Golfo de México, durante el periodo otoño-invierno, se presentan fuertes vientos provenientes del noroeste de Estados Unidos, que están asociados a frentes fríos. Estos vientos intensos generan convección térmica y arrastre dentro de la capa de mezcla. El forzamiento por los vientos intensos asociados a un frente frío, pueden causar oscilaciones inerciales que propagan energía a lo largo de la columna de agua. Estos procesos pueden debilitar los remolinos desprendidos de la Corriente de Lazo, tanto de su corrientes como en los gradientes de densidad horizontales y verticales, lo que está asociado a mezcla isopícnica y diapícnica en la columna oceánica. La mezcla vertical y horizontal puede influenciar el transporte de nutrientes, el fitoplancton y, por ende, la producción primaria. En este trabajo se analiza la respuesta dinámica, los flujos de calor y los procesos de mezcla en remolinos anticiclónicos, que viajan hacia el oeste del Golfo de México, al paso del frente frío número 4 de la temporada 2007, utilizando una simulación numérica con el modelo Hybrid Coordinate Ocean Model - UNAM (HYCOM-UNAM), forzado con el modelo atmosférico Weather Research and Forecasting - UNAM (WRF-UNAM). Se detectaron dos remolinos anticiclónicos; uno recién desprendido de la Corriente de Lazo, y el otro cercano a las costas del estado de Tamaulipas. El análisis termohalino muestra una tendencia a la disminución de temperatura y al aumento de salinidad en los primeros metros de profundidad, dentro de cada uno de los remolinos analizados, durante el periodo de simulación. Por su parte el análisis de la respuesta dinámica del océano revela la presencia de oscilaciones inerciales dentro de cada remolino, siendo más intensas en la zona cercana a los bordes. Las oscilaciones se observan a partir del paso del frente frío al Golfo de México.

SE15-44 CARTEL

ADVECCIÓN CAÓTICA DE UN VÓRTICE EN UNA BAHÍA POLIGONAL

Quinn Cervantes Luis Daniel y Velasco Fuentes Oscar Uriel
Universidad Autónoma de Baja California
quinn@cicese.edu.mx

Se estudió el movimiento de un vórtice puntual en presencia de una bahía y una corriente costera, y el transporte entre la bahía y el mar abierto. La bahía es o un rectángulo o un polígono idealizado de la Bahía de Todos Santos; la corriente costera es uniforme y paralela a la costa. Así, la evolución depende de dos parámetros adimensionales: la razón de aspecto de la bahía $a = a/b$, donde a y b son las dimensiones a lo largo de la costa y perpendicular a la costa respectivamente, y la intensidad relativa del vórtice $g = G/Uc$, donde G es la circulación del vórtice, U la velocidad de la corriente y c es la raíz cuadrada del área de la bahía. En la bahía rectangular tanto g como a son parámetros libres, en la Bahía de Todos Santos el único parámetro libre es g . Se utilizaron herramientas de variable compleja y mapeo conforme para calcular la función de trayectoria del vórtice puntual y la función de corriente del flujo. En la bahía rectangular la función de trayectoria presenta cinco topologías diferentes dependiendo de los valores de g y a . Las bahías anchas ($a \gg 1$) atrapan eficientemente los vórtices, incluso los fuertes ($g \gg 1$): la mayoría de las condiciones iniciales dentro de la bahía dan como resultado trayectorias periódicas completamente contenidas en la bahía. Las bahías estrechas ($a < 1$) son trampas de vórtices ineficaces: la mayoría de las condiciones iniciales dentro de la bahía conducen a trayectorias infinitas del vórtice moviéndose en contra de la corriente a lo largo de la costa. La Bahía de Todos Santos, con su costa irregular, presenta una

variedad de topologías de la función de trayectoria, pero en general es una trampa de vórtices ineficaz. Debido a la periodicidad temporal de la trayectoria del vórtice, se estudió el intercambio de masa entre las bahías y el mar abierto utilizando la teoría clásica de sistemas dinámicos. Con valores de parámetros realistas para la Bahía de Todos Santos ($g = 2$, $a = 1.4$) un vórtice cuyo radio orbital es ec produce, durante cada periodo, un intercambio de fluido de aproximadamente $2ec^2$ para la bahía rectangular y de aproximadamente $1.4ec^2$ para la Bahía de Todos Santos idealizada.

SE15-45 CARTEL

COMPORTAMIENTO DE CORRIENTES OCEÁNICAS FORZADAS TOPOGRÁFICAMENTE

Rodríguez Martínez Francisco Javier y Zavala Sansón Luis
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
rodriguezf@cicese.edu.mx

Si a una capa de fluido en una cuenca oceánica con fondo variable se le aplica un forzamiento aleatorio dependiente del tiempo, y considerando que los efectos de rotación son importantes, el flujo medio que se forma sigue los contornos geostrofos (dados por la razón entre el parámetro de Coriolis y la profundidad). Este mecanismo de generación de corrientes se demuestra mediante simulaciones numéricas en las que se obtiene una circulación semi-estacionaria a lo largo de las pendientes continentales en una cuenca cuadrada. Se busca caracterizar esta corriente en función de la intensidad del forzamiento aplicado y la inclinación de la topografía, así como determinar su evolución en presencia de topografías con curvatura. Se plantea que la corriente tenderá a separarse de los contornos geostrofos si la topografía presenta una curvatura muy pronunciada, y que dependiendo de la forma de la topografía la separación puede generar desprendimiento de remolinos. En este cartel se muestran los primeros resultados de la caracterización de la corriente.

SE15-46 CARTEL

IMPACTO EN LA ZONA URBANA DE PUERTO VALLARTA, JALISCO PARA LAS PRÓXIMAS DÉCADAS CON BASE EN LA ACTUAL TENDENCIA DEL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Álvarez Salazar Francisco Javier, Sandoval Hernández Erika,
Carrillo González Fátima Maciel y Rodríguez Uribe María Carolina
Universidad de Guadalajara, UDG (CUC)
francisco.alvarez2585@alumnosudg.com.mx

La variabilidad en el nivel medio global del mar está relacionada con los cambios climáticos y ambientales globales. Como pueden ser: el calentamiento global, el derretimiento los glaciares y los intercambios de agua entre mar y tierra. El aumento del nivel del mar afecta el medio ambiente costero, provocando erosiones en las zonas costeras y mayores riesgos de inundación. Se realizó un análisis de la tendencia del nivel con datos de satélite y datos in situ, para analizar si existe un incremento el nivel del mar para la región de Bahía de Banderas. Mostrando que en esta región se muestra un incremento del nivel del mar mayor a 0.22 cm/año. Se realizó una proyección para conocer las zonas costeras de Puerto Vallarta que podrían quedar inundadas si la tendencia del nivel de la mar continua en las próximas décadas. Los resultados indican que varios puntos de la zona urbana serán afectados, lo que implica daños a la población de Puerto Vallarta.

SE15-47 CARTEL

¿EXISTE VARIACIÓN EN LA CONECTIVIDAD DE LAS CORRIENTES OCEÁNICAS SUPERFICIALES CON LAS COSTAS DE JALISCO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS?

Sandoval Hernández Erika¹, Millán Villa Abraham¹ y Maslo Aljaz²

¹Universidad de Guadalajara, UDG

²Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
erika.sandoval5478@academicos.udg.mx

El movimiento de las corrientes oceánicas superficiales es afectado por los vientos de gran escala y por las diferencias de salinidad o temperatura. En las últimas décadas se ha observado un incremento en la temperatura de la superficie del mar causado por el calentamiento global y considerando que los flujos oceánicos se pueden modificar dependiendo su concordancia con los gradientes de temperatura, esto puede generar cambios en la distribución de masas de agua por las corrientes oceánicas afectando a las especies marinas debido a los cambios de las condiciones físicas de sus ecosistemas. Debido a esto, consideramos que es importante determinar si existen variaciones en la conectividad de las corrientes oceánicas superficiales con las costas de Jalisco en las últimas décadas, ya que es una región que alberga diversas especies marinas. A partir de los campos de velocidad eulerianos de AVISO, se calculan las trayectorias de partículas pasivas para el periodo de 1993 a 2020 y se calculará la conectividad por década y se determinará si existen cambios en los patrones oceánicos que arriban a las costas de Jalisco.

Sesión especial

CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS, ATMOSFÉRICAS Y SOCIEDAD: ¿CÓMO NOS COMUNICAMOS?

Organizadores

María Fernanda González Amador
Andrea Mitre Apaez
Joana Julieta González Rejón
Silvia Ivonne San Miguel Rodríguez

SE16-1

AVANCES, RETOS Y PERSPECTIVAS DE LA COMUNICACIÓN DE LAS CIENCIAS DEL DOF EN SU 50 ANIVERSARIO

Andrade Gómez Luisa¹, Morales Pérez Alina¹, Estrada Allis Sheila Natali¹, Mitre Apaez Andrea¹, Quentin Gentil Mathieu¹, González Amador María Fernanda¹, Arias Esquivel Víctor Alejandro¹, Beier Emilio², Cetina Heredia Paulina¹, Romero Arteaga Angélica María¹, Valenzuela Palacios Ernesto Alonso¹, Fimbres Pacheco María Ximena³ y Gómez Valdés José¹

¹Departamento de Oceanografía Física, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Laboratorio de Macroecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz

³Universidad Autónoma de Baja California

andrade@ccese.mx

En este año del 50 aniversario del Departamento de Oceanografía Física (DOF), los integrantes del departamento han realizado distintas actividades que han permitido analizar los avances, los retos y las perspectivas a futuro en materia de difusión y divulgación de las ciencias. En este trabajo presentamos un breve resumen de la evolución de la comunicación de las ciencias en el departamento haciendo especial énfasis en las actividades y programas implementados en los últimos años, los beneficios obtenidos de ellos, así como los retos y las perspectivas para el futuro. El reto que supuso la pandemia fue superado con éxito gracias a la implementación de la comunicación con los distintos sectores de la sociedad a través de redes sociales. Actualmente el departamento desarrolla distintas actividades sincrónicas, asincrónicas e híbridas con difusión y divulgación que han permitido llegar a miles de personas entre los que se destacan algunos como los programas de In-memorial, Egresados por el Mundo, La Noche de Ciencias, Tributos, Congreso de Estudiantes, Infografías y Festivales Híbridos de Divulgación Científica. Estos programas nos han permitido contabilizar el número de personas a las que llega la información, los temas de mayor interés para nuestros seguidores, así como aumentar tanto el número como la diversidad de sectores que nos siguen y tienen interés en los trabajos que realizamos. A pesar del crecimiento en estos 50 años, el departamento mantiene su objetivo de continuar su crecimiento mejorando diversos aspectos de la comunicación científica que tiene con los distintos sectores, así como ampliar la interacción con la sociedad

SE16-2

AVANCES Y RETOS EN LA GESTIÓN DE DATOS METOCEÁNICOS, POR EL SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL DE DATOS DE CICESE-CIGOM

Medrano Jaimes Hernan Favio¹, Ronquillo Mendez Argelia¹ y Velasco Ramírez David²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Consorcio de Investigación del Golfo de México

hmedrano@cicese.mx

El Sistema de Manejo Integral de Datos (SMID) es un sistema construido bajo los principios de portales de datos abiertos (Go FAIR), que acopla estándares internacionales de formatos geoespaciales y de metadatos para el almacenaje, distribución y visualización en web. El desarrollo de este sistema surgió en el marco del proyecto CIGOM que tuvo como principal objetivo el coordinar un observatorio de condiciones físicas y biogeoquímicas del Golfo de México obtenidas en tiempo real. El grupo desarrollador de SMID entre sus tareas se encarga del mantenimiento de infraestructura de cómputo, de los servicios de almacenamiento, y de las guías técnicas para la estandarización, distribución y visualización de datos metoceánicos. SMID ha ganado experiencia en las áreas mencionadas y es por ello que recientemente ha colaborado en proyectos como: El observatorio oceanográfico regional costero OORCO; El desarrollo de un sistema prototipo para alerta temprana de arribaciones de sargazo en el Caribe; Y con el grupo CANEK, que mantiene una red de anclajes del golfo profundo y de boyas metoceánicas transmitiendo en tiempo real. El equipo SMID ha identificado que existe interés nacional de contar con datos

accesibles para hacer ciencia, mejorar y agilizar la toma de decisiones, registrar la contabilidad oceánica nacional, y lograr la interoperabilidad entre instituciones generadoras de datos metoceánicos. Teniendo en la mira estas necesidades SMID pone a disposición pública una serie de guías técnicas para la definición completa y estandarizada de conjuntos de datos metoceánicos, presenta herramientas de software de código abierto para permitir el acceso remoto e interoperabilidad con otras instituciones, y productos de software desarrollados en casa para el descubrimiento y visualización de datos.

SE16-3

NCDASHBOARD: SOFTWARE FOR EXPLORATORY ANALYSIS AND VISUALIZATION OF LARGE MULTI-DIMENSIONAL EARTH SCIENCE DATASETS

Zavala Romero Olmo

Department of Scientific Computing, Florida State University

os09@fsu.edu

In the field of geoscience, a demand persists for modern, dynamic tools to streamline the analysis, validation, and visualization of complex numerical models and observational datasets. Existing software like NcView and OWGIS, while valuable, suffers from technological limitations that curtail dynamic functionality and sophisticated data analysis. This project heralds the initial developments of "NcDashboard," a new exploratory analysis and visualization tool tailored mostly to ocean and atmospheric sciences. By leveraging cutting-edge web development and data science techniques, NcDashboard aims to provide unparalleled features such as synchronized animations, customized statistics, real-time composite field generation, and seamless raster and vector data integration. Built using Python and empowered by libraries like Dash, Plotly, xarray, GeoPandas, and GDAL, the tool aspires to enhance scientific comprehension by marrying efficient multi-dimensional data handling with dynamic visualization. Even in its nascent stage, NcDashboard facilitates the creation of dynamic web interfaces that simplify the visualization and analysis of fields generated by numerical models, allowing for on-the-fly vertical profiles and animations all through a single terminal command. In addition, the capability to construct web interfaces offers users the convenience of effortlessly sharing datasets with fellow researchers and the broader community. NcDashboard is poised to revolutionize geoscience research by boosting collaboration, reproducibility, and enabling the smooth exploration of vast and complex datasets.

SE16-5

EDUCACIÓN AMBIENTAL: DE LA INVESTIGACIÓN A LA COMUNICACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ACTORES AMBIENTALES

Gutiérrez Grethel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

grethel@cicese.edu.mx

En la Ley General de Educación, se subraya y promueve la importancia de una educación arraigada en la exploración del entorno ambiental como un pilar esencial para el desarrollo humano integral, con un enfoque primordial en la salvaguarda del medio ambiente. Además, se destaca el progreso científico como el cimiento de los conocimientos necesarios para llevar adelante esta enseñanza ambiental. En este contexto, como profesionales de las disciplinas ambientales, se hace evidente la necesidad de reconsiderar nuestro papel como generadores y divulgadores de los saberes científicos. En esta charla, se tiene la intención de reexaminar las ideas generales que han sido debatidas por académicos y educadores en el ámbito de la "Educación Ambiental" en México. Prestaremos especial atención a los diferentes niveles de comunicación, los cuales se distinguen por sus objetivos y alcance respectivos. Reconocer a lo ambiental como una visión integradora que une las partes de una realidad compleja; como un concepto que se

entiende y redefine atendiendo a las necesidades históricas que se viven. Resulta imperativo la renovación de estrategias de comunicación, para ser capaces de educar efectivamente y generar actores ambientales.

SE16-6

EL MENSAJE CONTENIDO EN LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: SUPUESTAS VERDADES VS. MODELOS DE LA NATURALEZA

Zavala Sansón Luis
CICESE

lzavala@cicese.mx

Un modelo simplificado de la divulgación científica consiste en: (i) la comunidad académica que transmite un mensaje, (ii) el contenido del mensaje, (iii) el medio por el cual se transmite, y (iv) la comunidad receptora. En esta charla se aborda de manera informal algunos aspectos del contenido del mensaje que pueden afectar la eficacia del esfuerzo divulgativo. El problema es que con frecuencia se piensa que la ciencia genera evidencia sobre el funcionamiento de la naturaleza en términos absolutos y la divulgación científica se encarga de transmitir ese conocimiento a otros sectores de la sociedad. Dicho esquema conlleva un error de comunicación debido a que presenta postulados científicos como verdades demostradas, cuando en realidad la ciencia se construye mediante modelos aproximados de la naturaleza y, por lo tanto, es susceptible de fallas y limitaciones. Por lo tanto, al presentar las razones científicas como argumento definitivo se corre el riesgo de generar incredulidad cuando sus diagnósticos o predicciones no coinciden con la experiencia cotidiana. Nuestro objetivo no es resolver este problema, sino plantear que las estrategias de divulgación deberían tomarlo en cuenta.

SE16-7

BAREFOOT OCEANOGRAPHY: UNA PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS Y ATMOSFÉRICAS

Arias Esquivel Víctor Alejandro

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
alexarias7114@gmail.com

Barefoot Oceanography es una propuesta de actividades donde se han desarrollado cursos y materiales de divulgación de ciencias oceanográficas y atmosféricas. Sus actividades se enfocan esencialmente en procesos biogeoquímicos y como estos procesos se relacionan con las actividades industriales y comunitarias de nuestra sociedad. Se ha propuesto generar material enfocado en el público general para explicar como los procesos físicos asociados al cambio climático interactúan e influyen en el aumento de la temperatura atmosférica, el pH del océano, el ciclo del Carbono y la dispersión de contaminantes incluyendo microplásticos. Se presentará un serie de materiales de divulgación entre ellos un par de libros electrónicos. Uno enfocado en las actividades que configuran la actividad de un oceanógrafo y otro enfocado en la vida de los marineros, pescadores y buzos que laboran en los corrales atuneros del atún aleta azul en Baja California. Además se presentarán los cursos y las infografías disponibles para explicar la formación de tormentas, el intercambio de calor, las corrientes de marea y los flujos turbulentos en la atmósfera y el océano, así como otros procesos oceánicos.

SE16-8

LA REPRESENTACIÓN DE FENÓMENOS OCEANOGRÁFICOS Y ATMOSFÉRICOS EN EXPERIMENTOS “CASEROS” COMO MÉTODO DE ENSEÑANZA

Mitre Andrea

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
mitre@cicese.edu.mx

Debido al nivel de especialización que debe tener un científico para ejercer su profesión y comprender los fenómenos que estudia, se genera una brecha con la comunidad en general. Y es por esto, que se buscan estrategias de conexión para entablar diálogo y compartir lo que se aprende durante la vida de investigación. Una herramienta recurrente en eventos de divulgación son los “experimentos” con los cuales el científico trata de relacionar objetos comunes con los fenómenos que trata de enseñar. Por lo que, en esta presentación se hablara de esta dinámica y ejemplos de cómo se lleva a cabo esta modalidad en diferentes instituciones.

SE16-9

¡LA OLA, EL TORNADO, LA SURGENCIA COSTERA... LOTERÍA!

Gómez Valdés José¹ y Fimbres María Ximena²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
²Universidad Autónoma de Baja California

jgomez@cicese.mx

La lotería es una tradición popular principalmente de la provincia mexicana. En las ferias pueblerinas, no pueden faltar la rueda de la fortuna, el carrusel de los caballitos y la carpa donde la gente se anota, por una módica cantidad, a jugar a la lotería. El jugador que primero llene la tabla, se lleva de premio un changuito o una alcancía o una muñeca de trapo. El cantador de la lotería grita en voz alta el verso correspondiente a cada carta: la luna tuerta de un ojo, /que no deja de brillar, ¡la luna!; camarón que se duerme/se lo lleva la corriente, ¡el camarón!; que saltos pega tu hermana/en las puertas del zaguán, ¡la rana! La lotería mexicana esta compuesta de 54 cartas. En la Monografía No. 3 de la Unión Geofísica Mexicana, Contribuciones a la Oceanografía Física en México, editada por Miguel F. Lavín, Alberto Amador Buenrostro y Manuel Figueroa Rodríguez compilaron un glosario de términos oceanográficos que, en aquel tiempo, finales de los 90s, eran los más usados en las clases del curso Introducción a la Oceanografía Física del programa de maestría de Oceanografía Física del CICESE. En la literatura oceanográfica, se pueden encontrar glosarios compilados por otros autores, por ejemplo, el glosario de Henry Stommel en su libro “A view of the ocean: a discussion between a chief engineer and an oceanographer about the machinery of the ocean circulation”, recomendado por el oceanógrafo Julio Candela Pérez. En este trabajo, presentamos la primera lotería de los fluidos geofísicos de 54 cartas, donde cada una de ellas es un término de la oceanografía o de la meteorología, descrito, cantado y versificado según la usanza mexicana. El premio al ganador de la lotería de los fluidos geofísicos será un libro cuyos autores trabajan en el Departamento de Oceanografía Física del CICESE.

SE16-10

LO QUE APRENDÍ TRATANDO DE ENSEÑAR: EXPERIENCIAS EN LA EDUCACIÓN FORMAL Y NO FORMAL DE LOS FLUIDOS GEOFÍSICOS

González Amador María Fernanda

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California
mariafernanda@cicese.edu.mx

Cuando era estudiante de preparatoria comencé a enseñar a personas más jóvenes matemáticas. Hoy trato de enseñar más cosas a más personas, como los por qué's de tener islas de basura en medio de los océanos y por qué no son realmente islas. Aunque hay muchos pasos de enseñanza básica antes de llegar a algunos temas. He tenido la oportunidad de impartir clases de ciencias exactas y naturales de primaria a preparatoria, incluyendo las prepas abiertas; de ser estudiante ya bastantes años y contando; de divulgar diferentes temas sobre nuestro planeta y sus fluidos a personas muy muy jóvenes y otras que ya no tanto, y de hacerlo de diversas maneras; de regularizar a estudiantes de muchas edades y contextos, estudiantes que a veces lamentablemente tenían mucho miedo o desinterés al tema por aprender; también he podido ayudar en materias de licenciatura y posgrado que incluyen tanto demostraciones matemáticas como en laboratorio. En este tiempo, ha habido varias cosas que me han dejado pensando en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sobre todo cuando se trata del conocimiento que compartimos sobre y para entender a nuestros mares y aires. Me gustaría compartir con ustedes algunas de mis reflexiones, así como conocer sus ideas y sentires al respecto.

SE16-11

EL OCÉANO NECESITA INFLUENCERS: CÓMO EXPLOTAR LAS REDES SOCIALES PARA DIVULGAR LAS CIENCIAS DEL MAR

González Rejón Joana Julieta y Pro Océano

Pro Océano

jgonzalezrejón@gmail.com

Las problemáticas actuales relacionadas con el océano, como la contaminación, la pérdida de biodiversidad, el aumento del nivel del mar, el calentamiento global, y cambio climático en general, entre otras, requieren una sociedad informada que pueda accionar. La sociedad por sí misma demanda la accesibilidad casi instantánea a la información que resuelva sus preguntas sobre los fenómenos y situaciones que intervienen en su vida cotidiana y que además sea disseminada a través de formas y medios no convencionales, dinámicos y entretenidos. A raíz de la situación pandémica desde el año 2020, los medios digitales, sobre todo las redes sociales han sido pieza clave para la disseminación rápida y masiva de diversa información. Las redes sociales han sido una herramienta importante no solo para el aprendizaje de la sociedad, si no para la disseminación de la desinformación. El auge de las redes sociales se ha visto reflejado en el aumento de creadores de contenido para todos los gustos y disgustos, y la divulgación de las ciencias no ha sido la excepción. Sin embargo, la divulgación científica de las ciencias del mar a través de redes

sociales, todavía se encuentra en etapas tempranas y no ha sido bien explorada ni explotada. En esta charla se revisarán diversos medios y estrategias implementadas y por implementar para la divulgación de la investigación y conocimientos en ciencias del mar. Las problemáticas del océano actuales requieren influencers del océano que inspiren y empoderen a las juventudes y público en general para el estudio del océano y la toma de acciones que generen soluciones de impacto.

Sesión especial

CAMPOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS EN MÉXICO: HACIA UNA VISIÓN INTEGRAL

Organizadores

Marie-Noelle Guilbaud
Ana Teresa Mendoza Rosas
Boris Chako Tchamabe

SE17-1 PLÁTICA INVITADA

PAPEL DE LOS VOLÁTILES EN LAS ERUPCIONES MONOGENÉTICAS: DATOS EXISTENTES Y PERSPECTIVAS

Roberge Julie¹ y Guilbaud Marie-Noelle²¹ESIA-Ticomán, Instituto Politécnico Nacional (IPN)²Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM
robergejulie@gmail.com

El contenido de volátiles disueltos en los magmas suele ser pequeño, sin embargo, su papel en la dinámica de los magmas y el estilo de las erupciones es fundamental y aún más en las erupciones monogenéticas. A medida que los volátiles se salen en vapor magmático, promueven la flotabilidad del magma, acelerando su ascenso y modulando la dinámica eruptiva. Estudios recientes basados en contenido pre-eruptivo de volátiles, demostraron que el tiempo de ascenso del magma a la superficie de los volcanes monogenéticos es mucho más corto de lo que se pensaba anteriormente (menos de 1 día por un magma a ~ 8-9 km de profundidad) destacando la advertencia mínima que puede preceder las futuras erupciones monogenéticas. Trabajos previos sobre volcanes monogenéticos muestran que los magmas que alimentan diferentes conos monogenéticos tienen contenidos de volátiles iniciales variables y que posteriormente experimentan diferentes condiciones de almacenamiento e historias de desgasificación produciendo una amplia gama de estilos eruptivos (de altamente explosivos a efusivos). Pero los volátiles no solo afectan la explosividad de una erupción. La presencia de volátiles disueltos en los líquidos silicatos controla la presencia, abundancia y composición de las fases cristalinas que crecen en el magma durante el enfriamiento y la descompresión (ej. las fases hidratadas como anfíboles y plagioclasas ricas en Ca cristalizan en fundidos con alto contenido de H₂O disueltos). En este trabajo compilamos la geoquímica pre-eruptiva (incluyendo los volátiles como H₂O, CO₂, S, Cl) en magma de volcanes monogenéticos de diferente composición, edad y entorno tectónico. Luego usamos estos datos para revisar cómo afectan las condiciones de almacenamiento previas a la erupción, la tasa de ascenso y el estilo de erupción. Comprender el comportamiento de los volcanes monogenéticos, desde el almacenamiento hasta la erupción, es imprescindible para planificar futuras erupciones.

SE17-2

EVALUACIÓN VULCANO-TECTÓNICA DE DIQUES ALIMENTADORES DE CONOS DE ESCORIA EN EL VALLE DE SANTIAGO, NE DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Cruz Cruz Karla Gabriela¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹, Avellán Denis Ramón¹, Cisneros Máximo Guillermo² y Sánchez Núñez Juan Manuel³¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH²Instituto de Geofísica Unidad Morelia, UNAM³Instituto Politécnico Nacional, CIIEMAD

kgabriela.cruz2@gmail.com

Dentro de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, ubicada en el centro de México, se encuentra el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), uno de los campos volcánicos monogenéticos más grandes del planeta. Este campo volcánico alberga más de 1,200 centros eruptivos donde cerca del 90% corresponde a conos de escoria, por lo que representa un excelente escenario para el estudio de este tipo de volcanes. La erosión antrópica en gran parte de este campo volcánico está provocando la exposición de la estructura interna de los volcanes permitiendo estudiar en 3D sus depósitos y su dique alimentador. En la porción noreste del CVMG, se localizan cinco conos de escoria con exposición de enjambres de diques. Los resultados preliminares nos sugieren que los diques se emplazaron en fallas preexistentes y que existe un control estructural en la morfología de los volcanes. La caracterización física, la petrografía y geoquímica de los diques nos proporciona información sobre el magma al momento de su emplazamiento como la dirección del flujo, los procesos de enfriamiento, la sobrepresión y desgasificación cerca de la superficie, además de la transición física del propio dique a sus depósitos. Esta

investigación es innovadora por los escasos estudios que se han realizado de diques alimentadores en conos de escoria en México, por lo que este estudio es pionero para tratar de entender los mecanismos de emplazamiento de magma en el campo volcánico Michoacán-Guanajuato, además que su comprensión es importante en la evaluación del peligro volcánico.

SE17-3

ESTUDIO GEOLÓGICO Y VULCANO-TECTÓNICO DEL VOLCÁN LEONERA, CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Sánchez Garibay Blanca Estrella¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela² y Avellán Denis Ramón³¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH²CONACYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH³CONACYT-Instituto de Geofísica, UNAM

estrella.sanchez@alumnos.udg.mx

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato es una de las regiones volcánicas monogenéticas más grandes del mundo, donde se localizan más de 1,200 volcanes, de los cuales se han contabilizado aproximadamente 378 volcanes en escudo pequeño. Los volcanes en escudo pequeño se caracterizan por sus depósitos de flujos de lava y por sus suaves pendientes; en ocasiones desarrollan domos con pendientes más pronunciadas en su cima. A pesar de que estos pequeños volcanes juegan un papel importante en la peligrosidad volcánica de la región debido a su gran porcentaje de volumen de magma emplazado, existen muy pocos estudios sobre ellos. En este trabajo se estudió por primera vez la geología, la petrografía y la geoquímica del volcán Leonera, así como el enjambre de diques que se ubica en su cima y que alimenta su último episodio eruptivo. La petrografía sugiere que este volcán evoluciona a una composición más félsica en su cima, sin embargo, la geoquímica de roca total muestra una ligera disminución en el contenido de sílice en la última fase de la erupción, siendo andesita la muestra de la cima y dacita la muestra que se tomó en la base; lo que podría indicarnos distintos procesos magmáticos que pudieron ocurrir en su última fase eruptiva. Por otro lado, los diques en la cima del volcán presentan una dirección preferencial NNW-SSE, paralelos al sistema de fallas de Cuencas y Sierras y a la orientación de la extensión regional, sin embargo, las fallas regionales más representativas presentan una dirección preferencial E-W. Este estudio nos ayuda a conocer las condicionantes para que un enjambre de diques alimente un volcán en escudo pequeño, así como a entender la propagación del magma y su control estructural en los volcanes en escudo pequeño y domos.

SE17-5 PLÁTICA INVITADA

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE EMPLAZAMIENTO DE CONOS DE ESCORIA EN LA REGIÓN VOLCÁNICA PARICUTÍN-TANCÍTARO

Zarazúa-Carbajal María Cristina¹, Mendoza-Rosas Ana Teresa² y De la Cruz-Reyna Servando³¹Programa Ayudantes de Investigación SNI, Instituto de Geofísica, UNAM²CONACYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH³Instituto de Geofísica, UNAM

maria.c.zarazua@gmail.com

La región Paricutín-Tancítaro (RPT) se ubica en el sector SW del campo monogenético Michoacán-Guanajuato. Esta región se caracteriza por una alta densidad espacial de conos de escoria que rodean al estratovolcán Tancítaro. La actividad monogenética se ha manifestado por alrededor de un millón de años. La última erupción formó al volcán Paricutín en 1943. En este estudio usamos el índice de erosión promedio (AEI) para estimar las edades relativas de 170 conos de escoria ubicados entre las latitudes 19°N y 20°N y las longitudes -102.0° E y -102.7° E. El AEI cuantifica el estado de erosión de los conos de escoria a partir de un análisis morfológico de los contornos de nivel extraídos de un DEM con resolución de 12m (TanDEM-X). El análisis proporciona una métrica para las ondulaciones a lo largo de las curvas de nivel a diferentes altitudes, que cuantifica el ancho y la amplitud de los

surcos y cárcavas en la superficie del cono. Calculamos una relación funcional entre el AEI y la edad al correlacionar 10 edades radiométricas publicadas con los AEI medidos de esos conos. Luego, asignamos una edad a cada uno de los 170 conos usando esa función, asumiendo que todos los volcanes monogenéticos en el análisis han estado expuestos a condiciones erosivas similares. Finalmente, dividimos el área de estudio en un mosaico cuadrículado de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ e identificamos la proporción del número de eventos por cuadrícula y por intervalo de edad en periodos de 20 ka, para calcular la probabilidad de que ocurra al menos una erupción en un tiempo específico, suponiendo que los emplazamientos siguen un proceso de Poisson. Nuestros resultados sugieren que la actividad volcánica dispersa en el RPT aumentó después de la última erupción de Tancitaro (~237 ka), creciendo aun más durante el Holoceno principalmente en el sector NE de Tancitaro, donde se encuentra el Parícutín. Nuestros resultados revelan una coincidencia espacial entre las regiones con mayor probabilidad de erupción y la ubicación de los enjambres sísmicos en el RPT en el periodo de 2020-2021, lo que resalta la necesidad de una re-evaluación de los riesgos sísmico y volcánico del área.

SE17-7

MODELADO ESTOCÁSTICO DE DEPENDENCIA MEDIANTE CÓPULAS EN LA REGIÓN SURESTE DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Aguilar Tomasini Joel¹, Mendoza-Rosas Ana Teresa²,
Gómez-Calderón Daniel Alberto³ y Corona-Chávez Pedro⁴

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²CONAHyT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH, Morelia, Michoacán

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM Morelia

⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

joesiniphot@gmail.com

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) es el campo monogenético más grande del mundo con una gran variedad de estructuras volcánicas. A pesar, de contar con varios estudios, registros históricos y geológicos, es una región compleja de estudiar aún con demasiada incertidumbre en su caracterización. Por lo tanto, es conveniente aplicar modelos basados en la teoría de la probabilidad y estadística. Los modelos estocásticos basados en la teoría de cópulas permiten identificar y determinar la dependencia entre variables, ajustando funciones de distribución a las variables de estudio proponiendo modelos de dependencia. Las cópulas han sido ampliamente aplicadas en diferentes ámbitos, como finanzas, industria petrolera, economía, etc. En este estudio nos enfocamos en variables morfométricas de la región del sureste del CVMG para aplicar la teoría de copulas y modelar la dependencia. La metodología propuesta para el modelado de la dependencia entre las variables de estudio consiste en un análisis univariado obteniendo estadísticas generales, ajustando una función de densidad a cada variable, posteriormente se obtienen las funciones bivariadas paramétrica (Cópula de Frank) y no-paramétricas (Kernel Smoothing y Bernstein). Por último, se realizan las simulaciones de las variables y se comparan con los datos originales, evaluando la dependencia mediante coeficientes de correlación (Kendall, Spearman y Pearson). Este método es aplicado a tres tipos de estructuras volcánicas: Spatter, Domos y Conos. Se examinan los resultados para justificar la introducción de las cópulas en los análisis vulcanológicos de campos volcánicos monogenéticos.

SE17-8

SOBRE EL CAMPO VOLCÁNICO DE MASCOTA, JALISCO, MÉXICO

Zamora Camacho Araceli¹ y Espíndola Castro Juan Manuel²

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geofísica, UNAM

zaraceli@yahoo.com.mx

El campo volcánico de Mascota, Jalisco (CVMJ) cubre un área de alrededor de 2000 km² y se encuentra entre los poblados de San Sebastián del Oeste, Talpa de Allende, y el poblado de Mascota. Está compuesto por 87 conos y coladas de lava, con edades entre 5000 años y más de 2 Ma cuya composición poco usual ha motivado varios estudios petrológicos y geoquímicos. En esta presentación se reportan los resultados de esos estudios y la morfología y volumen de los 21 conos volcánicos más importantes. Su actividad volcánica reciente está íntimamente relacionada con la tectónica del Bloque de Jalisco, pero no se cuenta con estudios geofísicos sobre sus características, y en particular sobre su sismicidad, por esta razón se instala una red temporal de estaciones de banda ancha que ha registrado su actividad desde noviembre de 2015 hasta junio de 2019. Por medio de los datos registrados se determinó el modelo de velocidades del área via funciones de receptor, para lo cual se eligieron 15 telesismos con foco a las distancias requeridas por este método y en los que el arribo de la onda P es muy claro. Presentamos los hipocentros de los eventos registrados, la estadística de sus magnitudes y los resultados preliminares de la estructura de la corteza que, en términos generales, tiene una primera capa con interfaz a 12 km, una segunda capa con interfaz a los 18 km, y una profundidad al Moho a 36 km. Consideramos que estos estudios son una contribución al conocimiento de los campos volcánicos monogenéticos a los que actualmente la vulcanología presta especial atención.

SE17-9 PLÁTICA INVITADA

RIESGO, GEOLOGÍA Y CULTURA EN EL CAMPO MONOGENÉTICO DE XALAPA

Jácome Paz Mariana Patricia¹, De la Fuente Rivera Juan Ramón¹, Torres Orozco Rafael² y Hernández Arizbeth³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Universidad Veracruzana, UV

³Facultad de Ciencias, UNAM

jacome@igefisica.unam.mx

En este trabajo se presenta una visión integral sobre la geología y geomorfología del Campo Volcánico Monogenético Xalapa, así como los sistemas socioambientales que alberga. En el campo volcánico se han identificado 71 volcanes monogenéticos distribuidos en zonas de clusters, y al menos 6 de estos volcanes surgieron en el Holoceno. La geodiversidad en el área está representada principalmente por estos volcanes monogenéticos conjuntamente con sus flujos de lava asociados (hasta 40 km), tubos de lava, estructuras sedimentarias y características tectónicas originadas por el graben de Actopan. Actualmente muchos de los conos son usados como destinos turísticos o albergan regiones de proyectos agrícolas (cafeteros principalmente) y ecoturísticos o han sido severamente alterados como bancos de material. Este escenario en conjunto es único para la convivencia con los volcanes, el surgimiento de relaciones ecosistémicas y el origen de actividades socio-económicas particulares. Esto denota la importancia de los campos monogenéticos como eco, bio y geo regiones con límites sistémicos. Adicionalmente en este trabajo se retoman algunos comentarios sobre la percepción de riesgo en el campo volcánico. Agradecimientos Proyecto PAPIIT-UNAM IA102123 Exploración avanzada en Los Baños, Veracruz para usos directos de la energía geotérmica.

SE17-10

GEOPATRIMONIO Y RESILIENCIA EN CAMPOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS EN MÉXICO: CASO DE LA SIERRA CHICHINAUTZIN EN EL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Guilbaud Marie-Noelle¹, Ortega-Larrocea María del Pilar², Cram Heydrich Silke³, Martínez-Báez-Téllez María Fernanda⁴, Villalba Natalia Isabel⁵, Rodríguez Osnaya Eduardo⁶, Medina Nuñez Diego Carlos⁷, Méroux Éléonore⁷ y Van Wyk de Vries Benjamin⁷

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Geografía, UNAM

⁴Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

⁵Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁶Facultad de Ingeniería, UNAM

⁷Université Clermont Auvergne, France

marienoelle.guilbaud@gmail.com

El geopatrimonio es el conjunto de elementos geológicos (entre ellos: rocas, minerales, suelos, fósiles y paisajes) que son vitales además de valiosos para la sociedad y otros seres vivos y que, por lo tanto, deben ser preservados y valorados por medio de programas de geoconservación y geoeeducación. En esta presentación, argumentamos que los campos de volcanes monogenéticos en México son elementos importantes del geopatrimonio de la nación por su importancia científica y los múltiples beneficios que aportan a la sociedad. A su vez, proponemos que el reconocimiento del geopatrimonio por parte de la sociedad mexicana puede incrementar su resiliencia frente a fenómenos geológicos así como promover su consciencia ecológica. Exponemos el caso del campo monogenético de la Sierra Chichinautzin sobre el cual se ha extendido el sur de la Ciudad de México. En la actualidad, varios volcanes del campo forman islas en una mancha urbana cada vez más densa. Durante los últimos 10 años, hemos desarrollado estudios multi-disciplinarios sobre espacios urbanos que conservan remanentes de estos volcanes. Varios de estos sitios se encuentran en el campus de la Universidad Nacional Autónoma de México, la más grande del país, algunos resguardados en la Reserva Ecológica de San Ángel. Otros se localizan en colonias con marcados contrastes socioeconómicos. Encontramos que estos espacios presentan una alta geodiversidad, con la presencia de productos volcánicos de diversos tipos y edades que son de gran interés para la investigación científica, la geoeeducación y la sensibilización frente a los riesgos volcánicos. Además, contienen una gran riqueza natural y cultural que esta íntimamente ligada con los elementos geológicos. Lamentablemente, todos estos sitios sufren serios problemas de degradación y algunos están amenazados por destrucción por obras o asentamientos irregulares. Estudios en curso revelan el desconocimiento de la población local, incluida la comunidad universitaria, sobre la existencia de este geopatrimonio. Hemos abordado esta problemática mediante la realización de numerosas actividades, eventos, y recorridos en estos geositos, desde la multi-disciplinariedad, que han permitido promover o reforzar acciones colectivas de conservación y rescate que empoderan a los actores locales. Sin embargo, para lograr un impacto a largo plazo, es necesario desarrollar un vínculo permanente con las comunidades, con el fin de generar conciencia y acción ante la urbanización excesiva que incrementa los riesgos y lleva a la pérdida de los espacios naturales. En conclusión, la conservación del geopatrimonio puede verse como una herramienta poderosa para fomentar el empoderamiento y la resiliencia de las comunidades.

SE17-11

HISTORIA GEOLÓGICA DEL ECOPARQUE EL ARENAL Y SU ÁREA ALEDAÑA, SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Villalba Natalia Isabel¹ y Guilbaud Marie-Noelle²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

nata961026@gmail.com

La parte sur de la Ciudad de México se extiende sobre un campo monogenético activo denominado Campo Volcánico de la Sierra Chichinautzin. Aún se conoce poco sobre la historia geológica de este campo y los procesos de deposición y removilización de ceniza durante y después de erupciones no han sido estudiados. Estudiamos el área del ecoparque El Arenal que es un sitio turístico establecido en una duna de ceniza volcánica de origen desconocido. Aquí presentaremos resultados de trabajos de campo y de laboratorio (petrografía, granulometría, componentría, geoquímica de roca total y mineral, datación por ¹⁴C) que nos permiten reconstruir la historia geológica reciente del área del ecoparque y determinar el origen del Arenal. Se identificaron seis unidades geológicas, intercaladas por paleosuelos, descritas en orden estratigráfico: 1) Domo Magdalena, compuesto de una roca dacítica con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y biotita; 2) Volcán Yololca, compuesto por flujos de lava, depósitos de caída de lapilli y ceniza además de depósitos de avalancha, con composición de andesita basáltica con cristales de olivino y plagioclasa; 3) Pómez Tutti Frutti proveniente del volcán Popocatepetl, compuesta por depósitos de caída de ceniza y lapilli de composición andesítica con cristales de anfíbol, piroxeno y plagioclasa así como líticos densos; 4) Volcán Pelado, conformado por depósitos de caída de ceniza con cristales de plagioclasa, piroxeno y olivino; 5) Arenales, compuestos por depósitos sueltos y masivos o endurecidos y con estratificación cruzada de ceniza andesítica con fenocristales de plagioclasa, piroxeno, anfíbol y olivino, mezclada con pómez y líticos densos; y 6) Volcán Xitle, compuesto por lava basáltica con cristales de olivino y plagioclasa. A partir de las unidades determinadas y los fechamientos realizados se interpretaron seis eventos geológicos: I) formación del domo Magdalena (aprox. 1 Ma), II) erupción del volcán Yololca (22,000 años calibrados antes del presente - cal AP), III) erupción del volcán Pelado (12,000 mil años cal AP), IV) formación de los arenales, V) erosión eólica e hídrica de los arenales (proceso recurrente hasta el presente); VI) erupción del volcán Xitle (1700 años cal AP). Interpretamos que los arenales se originaron por removilización eólica de la ceniza del volcán Pelado que se mezcló con material de la Pómez Tutti Frutti, y que la acumulación de gran espesor de este material en el sotavento del Domo Magdalena formó el Arenal. En conclusión, la historia geológica de la zona está dominada por procesos volcánicos ocurridos durante el último millón de años. La formación del Arenal se dio por procesos eólicos movilizandole la enorme cantidad de ceniza suelta producida por el volcán Pelado. Eventos similares al que originó el Arenal podrían ocurrir actualmente con el surgimiento de un nuevo volcán en la Sierra Chichinautzin e implican un escenario de peligro que debe ser considerado en la prevención y gestión de riesgos. Además, como estos productos se ubican en un área turística, tienen un alto potencial geoturístico y geoescolar, siendo ideales para realizar actividades que promuevan su apreciación, entendimiento y conservación entre habitantes y turistas.

SE17-12

USO DEL SUELO Y CAMBIO EN LA TOPOGRAFÍA EN LA REGIÓN DEL VOLCÁN PARÍCUTIN DURANTE LOS AÑOS 1939-1943

Cisneros Máximo Guillermo¹, Corona Chávez Pedro²,
Lara Ruiz Jorge Iván³ y Macías Bermúdez Saúl³¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH³Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM Campus Morelia
gcisneros@igeofisica.unam.mx

Resumen A partir del nacimiento del volcán Parícutin en 1943, no sólo se transformó el paisaje en la región de la Meseta Purépecha, sino que también se disturbó muchos de los elementos culturales que identificaban a la región. Aunque la importancia de la erupción y los cambios geomorfológicos que provocó han sido relativamente bien estudiados, hasta el momento, no existe ningún estudio relacionado con la descripción sistemática del paisaje de la región antes de la erupción; en particular un estudio que describa la dimensión espacial de cambio de paisaje. La erupción de tipo monogenético, relativamente lenta y poco violenta permitió que los habitantes de la zona afectada fueran evacuados paulatinamente sin pérdida de vidas. En este trabajo se presentan los avances preliminares del análisis de la topografía antes de la erupción, mapa topográfico histórico nueve años antes de la erupción escala 1: 10, 000 (intervalo de curvas de 5m) (Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)) y una fotografía aérea del año 1934 escala 1:20,000 (Cia. Mexicana Aerofoto, S.A. Banco de Crédito Agrícola). El material cartográfico fue digitalizado y ortorectificado con correcciones a un sistema de coordenadas y datum reciente (WGS 84-UTM Z13). Con esta información se obtuvieron MDE-MDT, mapas temáticos (Pendientes, altimétrico entre otros), el uso de suelo y las geoformas previas a la erupción. Esta información permite definir que antes de la erupción la zona era utilizada esencialmente para el uso agrícola y forestal (5064 ha). Después de la erupción la región quedó sepultada por lavas y cenizas (3560 millones de toneladas métricas de sólidos (1.4 km³), Fries (1953)). En la actualidad la

región cubierta por cenizas (~240 km²) ha cambiado drásticamente por que se han incrementado las plantaciones de aguacate. Desde un punto de vista de las geoformas antes de la erupción existían tres formas volcánicas que fueron cubiertas por las lavas de la erupción.

SE17-13 CARTEL

APRENDIZAJE AUTOMÁTICO APLICADO A LA MIGRACIÓN DE ENJAMBRES EN LA REGIÓN VOLCÁNICA PARÍCUTÍN-TANCITARO

Vázquez-Magaña Carlos René¹, Mendoza Rosas Ana Teresa²,
Caballero-Jiménez Gema Victoria³ y De la Cruz-Reyna Servando⁴¹Universidad de Guadalajara – Centro Universitario del Sur²CONACYT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo³Centro Nacional de Prevención de Desastres⁴Instituto de Geofísica, UNAM

carlosrenevazquez097@gmail.com

La región volcánica Parícutín-Tancitaro ubicada en el campo volcánico Michoacán-Guanajuato, después de un periodo de calma posterior a la erupción del volcán Parícutín, ha sido afectada por varios enjambres sísmicos (1997, 1999, 2000, 2006, 2020, 2021 y 2022). Determinar la causa de estos enjambres es complicado, ya que pueden tener diferentes orígenes tales como: esfuerzos tectónicos, fenómenos kársticos derivados de anomalías en la presión de poro en una formación, desplazamientos de magma e inclusive actividad hidrotermal, por todo lo anterior es relevante considerar los antecedentes de la región en la que ocurrió el enjambre. En la región volcánica Parícutín-Tancitaro se ha presentado actividad volcánica posterior a la ocurrencia de un enjambre sísmico. En este trabajo desarrollamos un programa en Python capaz de utilizar modelos de aprendizaje automático supervisado (Machine Learning), con el fin de ingresar los datos de los enjambres sísmicos del 2020 y 2021 para obtener las posibles trayectorias futuras de los enjambres en la región. Específicamente, utilizamos dos modelos, gradiente estocástico descendente y Bosques aleatorios, para analizar la longitud, latitud, y profundidad versus la energía liberada. Finalmente, se incorporan los datos del enjambre del año 2022, para comparar el comportamiento de los modelos y sus resultados.

SE17-15 CARTEL

GEOLOGÍA URBANA EN LA ZONA RESIDENCIAL JARDINES EN LA MONTAÑA Y EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA BOSQUE DE TLALPAN, CIUDAD DE MÉXICO

Rodríguez Osnaya Eduardo¹ y Guilbaud Marie-Noelle²¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

rodedu91@gmail.com

El sur de la Ciudad de México se extiende sobre el campo volcánico Chichinautzin que es notable por su relevancia geológica. Contiene alrededor de 200 aparatos volcánicos de tipo monogenético, datados en el Pleistoceno y Holoceno. El volcán Xitle, que significa "ombligo" en náhuatl, es el volcán fechoado más joven del campo (1700 años antes del presente) y sus flujos de lava invadieron la Cuenca de México. Ahora, estos productos están mayormente cubiertos por la mancha urbana, sin embargo, todavía es posible encontrar sitios donde son visibles, los cuales representan los últimos espacios naturales en la ciudad y geositos potenciales. El objetivo de este estudio consiste en la caracterización de los afloramientos de roca y otros materiales volcánicos en dos zonas contiguas: la zona residencial "Jardines en la Montaña", y el Área Natural Protegida "Bosque de Tlalpan". En estas zonas, se identificaron varios flujos de lava del Volcán Xitle que rodean formaciones geológicas más antiguas. Estos afloramientos son conocidos como "Kipuka", un término hawaiano usado en vulcanología que se utiliza para nombrar áreas de terreno rodeadas por coladas de lava más jóvenes. En este contexto, se han identificado tres tipos de Kipuka que se distribuyen en cinco "islas". El primer tipo, nombrado informalmente como "Viaje a la Naturaleza", principalmente aflora en la colonia Jardines en la Montaña. Está compuesto por grandes bloques de roca volcánica densa de color gris oscuro, con una composición intermedia y un nivel de alteración avanzado. Estos bloques contienen fenocristales de olivino, plagioclasa y hornblenda inmersos en una matriz microcristalina. El Kipuka "Zacayuca" se ubica en el Área Natural Protegida "Bosque de Tlalpan" y representa un antiguo domo compuesto por una roca cristalina silícica con minerales de plagioclasa y anfíbol. Se encuentra cubierto por un depósito de pómez blanco, con un espeso suelo en medio. Por último, el Cerro "Zacatépetl" en la colonia "Jardines del Pedregal" representa también un Kipuka, en donde observamos grandes bloques redondeados de una roca cristalina, cubierto por un suelo y depósitos de retrabajo. Este cerro ha sido interpretado como un depósito de avalancha vinculado al volcán Ajusco. Concluimos que esta área de la Ciudad de México conserva una diversidad amplia en productos volcánicos que refleja la larga historia volcánica de esta región del país y que son de alto interés para el desarrollo de geositos urbanos.

Sesión especial

CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA:
PERSPECTIVAS ACTUALES Y DESAFÍOS FUTUROS

Organizadores

Ligia Pérez-Cruz
Jaime Urrutia-Fucugauchi

SE18-1

IDENTIFICACIÓN DE VARIABILIDAD DEL CLIMA
GENERANDO UNA “ÉPOCA DE ORO” DEL
CAMPEÑO Y EL SURGIMIENTO RECIENTE DE
UN FORZANTE INCREMENTANDO EL IMPACTO
DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA: REGIÓN TLAXCALA-PUEBLA, MÉXICOMorales Acoltzi Tomás¹, Gay Carlos¹, Sánchez Galán Javier², Velasco Hernández
Ángeles³, Sánchez Meneses Oscar C.¹, Bernal Morales Rogelio⁴ y Martínez Marlemys²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²Universidad Tecnológica de Panamá³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP⁴Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

acoltzi@atmosfera.unam.mx

Sostenibilidad requiere una relación armoniosa entre las cuatro esferas para que sea permanente en el tiempo. Aquí demostraremos que las observaciones recientes, quince años después, son en su mayoría con tendencias en sentido contrario a los registrados anteriormente. López-Díaz, F. et al. realizaron un análisis de eventos extremos de temperatura en Apizaco, Tlaxcala, México, para el periodo 1952-2003, publicando en el 2013. En este estudio se actualizaron las series de tiempo por quince años y se hicieron los estudios nuevamente. El Objetivo Identificar el forzante responsable del comportamiento dinámico de las series de tiempo en estudio de la Región Tlaxcala-Puebla, en los últimos quince años, pues el estado de Puebla rodea al estado de Tlaxcala. Forzante emergente: un gas de efecto invernadero al menos 28 veces más potente que el CO₂. Los niveles del Metano se han incrementado sostenidamente a partir del 2007. Explicación potencial: En los últimos 15 años el aumento está asociado a fuentes microbianas. Una posible explicación son el incremento de pantanos sobre zonas con exceso de precipitación. Como respuesta al incremento de la temperatura en el Planeta. Lo que llama la atención es el repentino incremento del Metano.

SE18-3

DINÁMICAS LACUSTRES E HIDROCLIMA:
FLUCTUACIONES AMBIENTALES Y
EVOLUCIÓN DEL PAISAJE COSTERO MAYAOlivares-Casillas Gustavo¹, Cordero-Oviedo Cecilia²,
Gámez-Núñez Emmanuel¹ y Correa-Metrio Alexander³¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM³Centro de Geociencias, UNAM

salvatore1820@gmail.com

Las lagunas costeras albergan a algunos de los ecosistemas más productivos y dinámicos del mundo, cuyo papel es clave en el ciclo de nutrientes y como sumideros de carbono. La evolución de estos sistemas lacustres es influenciada por la conectividad espacial y temporal que existe entre los reinos marino y continental. En la Península de Yucatán, los cambios en el nivel del mar y la variabilidad hidroclimática han interactuado a través del Holoceno, modulando la evolución de los sistemas costeros. En particular, esta región ha estado caracterizada por una larga historia de ocupación humana, cuya influencia muestra distintos patrones de cambio ambiental que en ocasiones han sobrepasado los forzamientos naturales. En este estudio, se reporta una reconstrucción paleoambiental de los últimos ~6200 años a partir de una secuencia sedimentaria recuperada de la laguna La Encantada, localizada en la región Caribe, al sureste de la Península de Yucatán. Este estudio fue basado en el análisis de remanentes sub-fósiles de foraminíferos y cladóceros, análisis geoquímico multielemental (XRF, ICP, ICP-MS) y orgánico (TOC, TIC, TN), e isótopos estables en valvas de ostrácodos (#18O) y materia orgánica (#13C, #15N), con el fin de entender el impacto de los forzamientos naturales y antrópicos sobre las condiciones ambientales de la región. Entre ~6200 y 5400 años antes del presente, la presencia de Ammonia sp. y Leberis sp., y los valores altos de S/TOC y #13C indican una alta salinidad asociada a

influencia marina en la laguna, mientras que el empobrecimiento del #18O sugieren condiciones de alta disponibilidad de humedad. De ~5400 a 3000 años antes del presente, concentraciones altas de K y Rb indican una elevada influencia continental probablemente vía fluvial, mientras que concentraciones altas de Fe, Mo, S y V sugieren condiciones de eutrofización y anoxia. Entre ~3000 y 1000 años antes del presente, el enriquecimiento progresivo del #18O indica un clima seco, mientras que la dominancia de taxones bentónicos y las concentraciones más altas de V en el registro sugieren niveles lacustres bajos y un estado trófico elevado. Durante los últimos ~1000 años, el empobrecimiento del #18O indica un retorno a condiciones de mayor disponibilidad de humedad coincidente con otros reportes de la región. La presencia de taxones plantónicos y litorales acompañados de una disminución en las concentraciones de V sugieren un incremento del nivel lacustre y un estado mesotrófico en la laguna. En general, nuestros resultados muestran cambios ambientales dirigidos por forzamientos individuales o por la combinación de otros. La influencia marina mostró ser un forzamiento predominante durante el Holoceno medio, a pesar de una alta disponibilidad de humedad. Tras la estabilización del nivel marino, las descargas continentales condicionaron parte de las dinámicas de la laguna, mientras que la influencia de los asentamientos humanos en torno a la laguna alude a una progresiva modificación del paisaje a través del Holoceno tardío.

SE18-4

POSSIBLE IMPACT OF AMOC ON DROUGHT
DYNAMICS IN PALEOCLIMATE REGISTERS
FROM (SEMI-HUMID) CENTRAL-SOUTHERN
AND (SEMI-ARID) NORTH-EASTERN MEXICORoy Priyadarsi D.¹, García-Arriola Oscar Agesandro², Sánchez-Zavala
José Luis³, Girón-García María Patricia¹ y Vargas-Martínez Irma Gabriela³¹Instituto de Geología, UNAM²Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM³Facultad de Ingeniería, UNAM

roy@geologia.unam.mx

In paleoclimate registers, the drought evaluation with respect to the El Niño/Southern Oscillation, Pacific Decadal Oscillation, Atlantic Multi-Decadal Oscillation and latitudinal shifts in the Inter-Tropical Convergence Zone has provided valuable baseline data about the relationship between some of the atmospheric and oceanic forcing and the Late Quaternary environmental conditions in different parts of Mexico. The Atlantic Meridional Overturning Circulation or AMOC is another essential climate forcing and it controls heat transportation from low to high latitudes within the Atlantic Ocean, persistently, at least since the last interglacial. Its strength has changed in response to the sea-ice coverage and to catastrophic iceberg discharge during the Heinrich Stadials. The cessation of AMOC has occurred twice close to the last glacial maximum. Presently, it is in the weakest state of the last millennium and might weaken further over the next millennium from doubling of CO₂ in atmosphere, consistent with the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) projections. Under this scenario, it is important to understand the hydroclimate changes occurred in different parts of Mexico during the intervals of variable AMOC strength through the evaluation of paleoclimate registers. Here, we attempt to document the response of lacustrine ecosystems from semi-humid central-southern (Lake Coatetelco, 18° N) and semi-arid northeastern (El Potosí Basin, 25° N) parts of Mexico by comparing the hydroclimate dynamics reconstructed through high-resolution elemental geochemistry and fractionations of #18Ocarb and #13Corg as well as #13Corg in sedimentary archives to different modes of AMOC. In Lake Coatetelco, the diminished watershed erosion, enhanced water column salinity and minimal influence of organics on the dissolved bicarbonate during the two different phases of weaker AMOC contemporary to Heinrich stadial 1 (HS1, off mode) and Younger Dryas (YD, cold) reflected increase in aridity. In the drought prone El Potosí Basin, the hydroclimate changes indicated reduced precipitation during the off modes of AMOC contemporary to HS1 and HS2. A depositional hiatus and positive excursion in #18Ocarb might also be reflecting arid conditions during the weak AMOC of YD. These observations in geological registers might be useful for a regional evaluation for better drought mitigation planning in the possible scenario of more-frequent drought-like events in near future.

SE18-5

RECONSTRUCCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA MARINA Y SU RELACIÓN CON LOS APORTES CONTINENTALES EN SEDIMENTOS DEL SO DEL GOLFO DE MÉXICO

Villafuerte Bazaldua Sandra Monserrat¹, Arellano-Torres Elsa² y Roy Priyadarsi D.³¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM³Instituto de Geología, UNAM

smonse_vb@ciencias.unam.mx

El estudio de condiciones climáticas pasadas ayuda a comprender las tendencias naturales del presente y a diferenciar los cambios provocados por los forzantes de origen antropogénico. Para México, el golfo de México (GoM) es un componente fundamental del clima dada la cantidad de calor y humedad que regula en la región a distintas escalas temporales. En el GoM se ha documentado variaciones paleoceanográficas durante el Holoceno, la terminación glacial, el Último Glacial Máximo, así como algunos ciclos glacial-interglacial del Pleistoceno. Los cambios más importantes en la región se han centrado en la temperatura del océano superficial, los efectos de la descarga del río Mississippi, así como la intensidad de la corriente de Lazo, pero rara vez se investigan los forzantes que promueven la productividad primaria en la columna de agua. El GoM es un ecosistema típicamente oligotrófico, por lo que los aportes continentales tanto eólicos como fluviales son de relevancia para mantener la diversidad marina. En esta investigación, se reconstruyen variaciones en la producción primaria marina y su relación con las contribuciones terrígenas continentales hacia el GoM. Para ello, analizamos el núcleo sedimentario marino RC10-265 que abarca desde el Estadio Isotópico Marino 6 (EIM-6) hasta el EIM-1. Empleamos como potenciales paleoindicadores de productividad, el porcentaje de carbono orgánico total (%COT), carbonato de calcio (%CaCO₃) y las razones elementales de Ca/Ti y Si/Ti. Y como indicadores de aportes continentales, a elementos como Si, Fe, K, Zr, Al y Ti, analizados mediante fluorescencia de rayos X; además de análisis del tamaño de grano para identificar la proporción de arcillas y limos. Con todo lo anterior, hemos identificado variaciones en la productividad primaria a escala glacial-interglacial, así como de los aportes continentales y sus fuentes. En particular, se han identificado cuatro horizontes representando depósitos de tefras que coinciden temporalmente con las erupciones Pleistocénicas de la caldera Los Hornos, Puebla (ca. 25, 50, 69-70 y 164 ka BP), siendo eventos son contemporáneos con intervalos de aumento en la productividad primaria durante el EIM-5. Este trabajo es uno de los primeros en realizar un estudio de multi-paleoindicadores para encontrar vínculos entre los aportes continentales y la productividad primaria marina del SO del GoM.

SE18-6

PALEOPRODUCTIVITY IN GUAYMAS BASIN FOR THE LAST 17,000 CAL YR BP REVEALED BY COCCOLITHOPHORES - IODP HOLE U1549A

Álvarez García María del Carmen¹, Pérez Cruz Ligia², Aldama Cervantes Alejandro³ y Velázquez Aguilar Mauricio³¹Universidad Nacional Autónoma de México y Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, UNAM-CONAHCYT²Instituto de Geofísica, UNAM

malvarez@igeofisica.unam.mx

The Gulf of California is a key region under the influence of the Pacific Ocean, the Sonora Desert and climatic dynamics driven by the seasonal variation of the Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ) position. The location of the Guaymas Basin close to the continental edge and under the trajectory of the northern prevailing winds, volves the Guaymas Basin, one of the most productive areas in the ocean. The coccolithophores are one of the most relevant and abundant primary producers of planktonic groups in the ocean. Remains of coccolithophores species in marine sediments can help to reconstruct productivity, water masses dynamics and, thus, oceanic and climate evolution. The sedimentary samples studied came from cores of Hole U1549A (27° 28.33167' N, 111° 28.7844' W) obtained during the International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 385 "Guaymas Basin and Tectonics" during September-November 2019 aboard the drilling platform "JOIDES Resolution". For this work, we studied samples from the first 50 m of Hole U1549A. The first 6 m consists of mainly homogeneous moderate olive brown (5Y 4/4) nanno-rich diatom clay. The following 10 m are mainly composed of an alternation between olive gray (5Y 3/2) nanno-rich diatom clay and light olive gray (5Y 5/2) diatom-rich clayey silt. The rest of the samples studied belong to a section of laminated olive gray (5Y 3/2) clay-rich diatom ooze alternating with homogenous intervals. A lighter layer of diatom ooze caps most homogenous intervals. Calcareous nannofossils are abundant to common with good to moderate preservation throughout the sampled sequence. The Hole U1549A coccolith assemblage is mainly represented by 18 taxa of which the members of Gephyrocapsa group with size >3 µm (Gephyrocapsa oceanica and Gephyrocapsa muellerae) is the dominant taxa of the assemblage with a relative abundance above 50 %. The members of the group of Gephyrocapsa with size <3 µm (Gephyrocapsa ericsonii and Gephyrocapsa aperta) shows values around 30 %. Emiliana huxleyi and Florisphaera profunda show values around 3 %. The relative abundances of the other taxa are significantly lower including Coccolithus pelagicus, Helicosphaera carteri, Syracosphaera spp., Calcidiscus leptoporus, Umbilicosphaera spp. The presence of these taxa suggests

the occurrence of tropical or subtropical waters in the Guaymas Basin, showing some variation downcore. Absolute abundances (coccoliths/g) of coccolith assemblage reveal high values of abundance around 17,000, 10,000, 5000 and 1800 cal yr BP. coinciding with the intervals of N ratio, a proxy of paleoproductivity. The high paleoproductivity intervals could be due to the strengthening of physical processes such as mesoscale gyres and wind-driven upwellings, promoting the increase in nutrients or the incursion of nutrient-rich water masses from the Pacific Ocean. Other intervals have also been revealed by the relative and absolute abundance of Florisphaera profunda suggesting stratification events or deeper nutricline position at 15,000, 11,000, 8200, 6000 and 2000 cal yr BP.

SE18-7

CAMBIO EN LAS MASAS DE AGUA Y EN LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LA CUENCA GUAYMAS (GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO) DURANTE LOS ÚLTIMOS 31,000 AÑOS, EVIDENCIADOS A PARTIR DEL REGISTRO FÓSIL DE RADIOLARIOS Y SILICOFLAGELADOS

Velázquez Aguilar Mauricio Omar¹, Pérez Cruz Ligia², Urrutia Fucugauchi Jaime², Monreal Gómez María Adela³, Coria Monter Erik³, Aldama Cervantes Alejandro³ y Venegas Ferrer Rafael²¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

maps.vlo21@gmail.com

A partir del análisis de los radiolarios policistinos y los silicoflagelados preservados en los sedimentos de los pozos U1545A y U1549A (~41 y 28 m, respectivamente) recolectados en la cuenca Guaymas (Golfo de California) durante la expedición 385 del IODP (International Ocean Discovery Program), se identificaron los cambios en las masas de agua y en los patrones de circulación en la cuenca durante los últimos 31,000 años cal AP (a escala glacial-interglacial, milenaria y submilenaria), así como su relación con la variabilidad climática del Océano Pacífico Tropical Oriental. Los modelos de edad están basados en 17 y 11 fechamientos de radiocarbono AMS para cada sitio. Se identificaron intervalos climáticos mayores relacionados con características climáticas y oceanográficas particulares para cada uno de ellos. Durante el intervalo Pre-Último Máximo Glacial, se identificó la alternancia del Agua de la Corriente de California (ACC) y el Agua del Golfo de California (AGC), así como una presencia constante del Agua Intermedia del Pacífico (AIP), como respuesta al desplazamiento de los jet streams atmosféricos, la intensificación del Sistema de la Corriente de California (SCC) y el fortalecimiento del Agua Intermedia del Pacífico Norte (AIPN). El Último Máximo Glacial se caracterizó por una incursión marcada del ACC, como consecuencia del fortalecimiento del SCC y el máximo volumen de hielo en Norteamérica. La dominancia del AIP sugirió una mayor formación del AIPN. El Evento Heinrich-I estuvo marcado por la sucesión de dos patrones oceanográficos distintos: el primero, marcado por la dominancia del AGC; y el segundo, por la dominancia del ACC en la superficie y el AIP en profundidades intermedias, relacionadas con el fortalecimiento del SCC y el AIPN, respectivamente. Durante el Bolling-Allerod, se registró la entrada del Agua Superficial Tropical (AST), así como la alternancia del AGC y ACC. Este patrón oceanográfico se relacionó con la migración hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y asemeja a las condiciones que se desarrollan actualmente en el golfo. El Younger Dryas mostró una dominancia marcada del ACC. Hacia el final del intervalo, la transición hacia la dominancia del AGC, indicó un aumento en los procesos de evaporación de la cuenca. En el Holoceno se reconoció una alternancia del AST y el AGC. Se sugiere un desarrollo máximo del régimen monzónico característico de la región entre ~7600 y 1000 años cal AP, que se debilitó a partir de entonces, probablemente como respuesta a la migración hacia el sur de la ZCIT.

Sesión especial

CIENCIAS ESPACIALES, QUÍMICA PREBIÓTICA Y ASTROBIOLOGÍA

Organizadores

Alejandro Paredes Arriaga
María Guadalupe Cordero Tercero

SE19-1

BREVE HISTORIA DEL POLVO CÓSMICO

Maravilla Meza María Dolores
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
dmaravil@igeofisica.unam.mx

En este trabajo se presenta una reseña histórica del polvo cósmico desde el punto de vista científico considerando las observaciones realizadas desde el pasado remoto hasta los estudios realizados en las últimas décadas de este siglo. El polvo cósmico está formado por material rocoso de tamaño diminuto (granos) que adquiere características únicas cuando interacciona con un plasma. Los fenómenos físicos que se producen debido a las interacciones están asociados con la formación de estructuras complejas que van desde la formación de nubes, torbellinos y anillos hasta la formación de cuerpos que sirven como precursores de cuerpos masivos. Desde las misiones espaciales Apolo se tiene conocimiento de los daños que los granos de polvo pueden ocasionar a los instrumentos espaciales como es el caso de su deposición sobre paneles solares así como en los trajes espaciales que usan los astronautas. Mas allá de la Luna, las tormentas de polvo marcianas han inundado de polvo no solo los paneles solares de los robots que se han colocado sobre la superficie del planeta rojo, sino que han cubierto totalmente sus instrumentos impidiendo en algunos casos, que éstos sigan funcionando y enviando datos a nuestro planeta. En las últimas décadas, el estudio del polvo cósmico en la vecindad de la Tierra y fuera del Sistema Solar ha cobrado gran importancia debido al daño que éste puede ocasionar en los satélites artificiales que circundan al planeta y al descubrimiento de anillos de polvo en sistema extrasolares.

SE19-3

AVANCES EN CITLALIN TLAMINA, LA RED MEXICANA DE METEOROS

Cordero Tercero Guadalupe¹, Velázquez Villegas Fernando², Capella Kort Antonio³ y Juárez Reyes Antonio⁴
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Facultad de Ingeniería, UNAM
³Instituto de Matemáticas, UNAM
⁴Instituto de Ciencias Físicas, UNAM
gcordero@igeofisica.unam.mx

Un meteorito es la estela de luz producida por la interacción de material cometario o asteroidal (y basura espacial) con la atmósfera terrestre. Si la intensidad de esta luz es más intensa que el brillo del planeta Venus, el meteorito recibe el nombre de bólido. Cada día, cualquier observador en la superficie de la Tierra, bajo condiciones de luminosidad apropiadas, podría ser capaz de observar entre 5 y 15 meteoros por hora, lo cual indica la frecuencia con la que material extraterrestre entra a nuestra atmósfera. El estudio de los meteoros proporciona información sobre la naturaleza del material entrante (la mayoría del cual se deshace en la atmósfera y es irre recuperable), el lugar de origen del objeto, el área en la que podría recuperarse la meteorita (restos del cuerpo entrante) y algunas propiedades del objeto (masa, velocidad, etc.). A partir del evento de Tunguska en 1908 y, más recientemente, el de Chelyabinsk en 2013, se ha hecho evidente la importancia de estudiar los impactos "pequeños" que no implican eventos de extinción masiva como lo fue el caso del impacto que produjo el cráter de Chicxulub, pero que son mucho más comunes y que pueden producir daños en la población como fue el caso de Chelyabinsk o bien pánico y desinformación como lo fueron dos eventos ocurridos en México en 2010 y 2011, fechas en las cuales iniciamos el estudio de estos fenómenos y cuyos resultados, no satisfactorios, dieron pie a la necesidad de crear una Red de observación de meteoros en territorio nacional para estudiarlos y para apoyar a las actividades de Protección Civil. Citlalin Tlamina (meteorito en náhuatl), es el nombre de la Red Mexicana de Meteoros. El plan es colocar ocho estaciones en la parte central de México que permitan monitorear la entrada de material asteroidal y cometario sobre la franja más habitada del país. Cada estación consta de cuatro cámaras cuyos campos de visión en conjunto pueden observar toda la bóveda celeste. Un punto importante de la Red es que se pretende observar tanto de día como de noche, característica no común en las redes de meteoros a nivel mundial. En los últimos años se ha trabajado en una plataforma capaz de proteger a las cuatro

cámaras de la Red, un sistema de adquisición y registro de imágenes propio, así como de un sistema que permita mantener el interior de la plataforma en condiciones apropiadas de temperatura y humedad. Más recientemente se han incorporado iniciativas para analizar los espectros del meteorito empleando rejillas de difracción y modelos de inferencia para estimar la composición de los objetos entrantes. Esto último es importante pues, como se mencionó anteriormente, la mayor parte del material no sobrevive a su paso a través de la atmósfera de tal manera que el análisis espectral es la única manera para saber la composición de estos objetos. En este trabajo expondremos los avances realizados en los últimos años y los retos por afrontar.

SE19-4

RELEVANCIA DE LAS ONDAS DE CHOQUE DERIVADAS DE IMPACTOS DE ASTEROIDES EN LA ATMÓSFERA DE LA TIERRA PRIMITIVA EN LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS DE INTERÉS ASTROBIOLÓGICO

Ramírez Vázquez Luisa^{1,2}, Cordero Tercero María Guadalupe¹, Cruz Castañeda Jorge Armando², De la Rosa Canales José Guadalupe³ y Negrón Mendoza Alicia²

¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
luisa.ramirez@encit.unam.mx

Las atmósferas de los planetas rocosos pueden generarse mediante procesos como la captura del gas nebular, la pérdida de volátiles de los impactores durante la acreción y la desgasificación volcánica. Las condiciones de la Tierra dentro de los primeros millones de años después de su formación no han sido claramente determinadas debido a la escasez y limitaciones de evidencias geológicas y geoquímicas. La composición atmosférica de la Tierra primitiva cobra especial importancia para los estudios relacionados con la química prebiótica y la astrobiología, dado que la generación de compuestos orgánicos relevantes para el origen de los seres vivos se consigue fácilmente si existen condiciones reductoras en el medio. No obstante, los modelos propuestos de las atmósferas primitivas no favorecen estas condiciones. En este trabajo se proponen distintos tipos de atmósferas (con gases como el CO₂, CO, N₂, CH₄) las cuales en el laboratorio son sometidas a la irradiación de un láser Nd-YAG, el cual puede servir como simulador de la energía proveniente de una onda de choque de un asteroide con la atmósfera. Si bien, los productos principales resultantes son hidrocarburos de cadena corta, saturados e insaturados, en algunas atmósferas propuestas se obtiene también como producto más abundante el cianuro de hidrógeno (HCN), que es un importante precursor de moléculas orgánicas relevantes para la evolución química.

SE19-5

ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL URACILO SIMULANDO LAS CONDICIONES DE UN ASTEROIDE: UN EXPERIMENTO DE QUÍMICA PREBIÓTICA

Cruz Castañeda Jorge Armando¹, Amador-Luna Saúl¹, Meléndez-López Adriana Leticia², Negrón-Mendoza Alicia¹, Ramos-Bernal Sergio¹ y Heredia Alejandro¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
jorge.cruz@nucleares.unam.mx

La síntesis y estabilidad del ácido ribonucleico (RNA) así como de sus componentes, son de gran relevancia en temas asociados al origen de la vida y astrobiología, ya que, se ha propuesto que estas macromoléculas pudieron ser de los primeros sistemas autorreplicables (Joyce et al., 1999). Por ello, el estudiar a las bases nitrogenadas que lo componen, ante condiciones extremas como las presentes en cuerpos extraterrestres como los cometas y los asteroides, puede contribuir a comprender algunos de los mecanismos fisicoquímicos que permitieron favorecer la formación de estas moléculas, así como su estabilidad en diferentes ambientes extremos. El objetivo de este trabajo es estudiar la estabilidad del uracilo en presencia de la meteorita Allende a 77 K y expuesta a la radiación gamma en una mezcla sólida en proporción 1/100 uracilo/Allende, simulando de manera muy simple un asteroide. El análisis químico cuantitativo se desarrolló principalmente por

espectrofotometría UV-vis y métodos cromatográficos: HPLC-UV y HPLC-ESI(-)-Ms. Los primeros resultados indican que el uracilo es más estable ante campos de radiación gamma en presencia del meteorito Allende, lo que apoya la idea de que parte de la materia orgánica pudo haber sido acarreada a la Tierra por cuerpos extraterrestres (Oró, 1961). Agradecimientos al Proyecto PAPIIT IN114122 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, D. Marín-Lámbardi, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias. Joyce, G. F., Orgel, L. E., Gesteland, R. F., Cech, T. R., Atkins, J. F., Puglisi, J. D., Williamson, J. R., Gesteland, R. F., Cech, T. R., Atkins, J. F., Joyce, G. F., Orgel, L. E., Gesteland, R. F., Cech, T. R., & Atkins, J. F. (1999). The RNA World. In 2nd ed. (Ed.), null: Vol. null. Oró, J. (1961). Comets and the Formation of Biochemical Compounds on the Primitive Earth. Nature, 190, 389. <http://dx.doi.org/10.1038/190389a0>

SE19-6

LAGOS SALINOS EN QUÍMICA PREBIÓTICA: LA LAGUNA DE ALCHICHICA COMO UN ANÁLOGO DE UN AMBIENTE PROPICIO PARA LA SÍNTESIS ABIÓTICA EN LA TIERRA PRIMITIVA

Fuentes Carreón Claudio Alejandro y Negrón Mendoza Alicia
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
claudio.fuentes@ciencias.unam.mx

Para estudiar cómo pudieron haberse formado las primeras moléculas orgánicas en los ambientes abióticos de la Tierra primitiva, se busca recrear en laboratorio dichas condiciones. Dado que no existe registro geológico que ayude a describir las características fisicoquímicas de estos ambientes, se propone el uso de ambientes análogos, que, por medio de la descripción de sus condiciones actuales, nos permiten inferir las condiciones específicas de un ambiente geológico primitivo. En este contexto, el presente trabajo propone a la laguna de Alchichica como un ambiente análogo de lagos salinos alcalinos primitivos. Localizado en la Cuenca de Oriental, en la región central de México, Alchichica es una maar formado por una erupción freatomagmática. Se encuentra localizada dentro de una cuenca endorreica, sin lagos tributarios ni salidas fluviales. El régimen hídrico está controlado por ciclos de evaporación y precipitación. Los iones mayoritarios presentes en disolución son Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺ and SO₄²⁻, con K⁺, Br⁻, Ca²⁺, Li⁺ y F⁻ como iones minoritarios. Las aguas de la laguna cuentan con un pH alcalino (8.87 promedio). Mineralógicamente, predominan arcillas y minerales ricos en calcio. En la Tierra primitiva, un lago de estas características pudo formarse como consecuencia de actividad tectónica o volcánica, mientras que la alta tasa de intemperismo, consecuencia de una atmósfera rica en CO₂, ayudaría al enriquecimiento del agua superficial con especies iónicas provenientes de la degradación química de rocas superficiales. Se ha propuesto que estos lagos salinos alcalinos, ricos en minerales carbonatados, actúan como ambientes donde pudo llevarse a cabo la síntesis de compuestos orgánicos, catalizada por la presencia de múltiples cationes metálicos. Aunado a esto, los ciclos de precipitación/evaporación favorecen la formación de moléculas orgánicas complejas, al eliminar agua del sistema y modificar los equilibrios químicos, favoreciendo la cinética de la reacción hacia la polimerización de moléculas orgánicas simples. Los resultados previos de este trabajo muestran que, en una disolución salina de Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺, y PO₄²⁻ a un pH de 9.1, empleada como símil de las aguas salinas de Alchichica, existen múltiples equilibrios complejos entre las diferentes especies iónicas, favoreciendo la precipitación de especies minerales ricas en Mg. Adicionalmente, al usar esta agua salina como matriz en experimentos de química prebiótica, con moléculas orgánicas muy sencillas, posiblemente presentes en ambientes prebióticos, se observa la formación de moléculas precursoras de carbohidratos, biomoléculas importantes para múltiples procesos metabólicos de los seres vivos. Agradecimientos: Al Posgrado en Ciencias de la Tierra Al Instituto de Ciencias Nucleares, por todo el apoyo dado para la realización de este proyecto A los proyectos PAPIIT IN114122 y CONACYT 319818

SE19-7

EXPERIMENTOS DE IRRADIACIÓN A BAJAS TEMPERATURAS COMO ANÁLOGOS DE COMETAS: UNA APROXIMACIÓN NUMÉRICA

Paredes Arriaga Alejandro¹, Negrón Mendoza Alicia², Rivera Ana L.³, Ramos Sergio² y Fías Diego³
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
³Universidade do Estado da Bahia, Salvador-BA, Brasil
apa@ciencias.unam.mx

Las moléculas de interés prebiótico tienen muchos ambientes posibles de formación, algunos de ellos fuera de la Tierra. En las últimas décadas se han encontrado una amplia variedad de moléculas orgánicas en cometas, asteroides y en el mismo medio interestelar. Los cometas están expuestos a diferentes fuentes de radiación, sobre todo cuando su periodo orbital los lleva cerca del Sol, y dada su composición fisicoquímica, irradiar sistemas de disoluciones acuosas congeladas en hielo seco o nitrógeno líquido nos brinda una aproximación experimental de las reacciones químicas que pueden pasar en los núcleos y superficies cometarias. En este trabajo se realizó un modelo numérico para describir un sistema en disolución acuosa a temperaturas de 298 K, 198 K, y 73 K. Para ello, se propone un parámetro basado en la temperatura y el factor de empaquetamiento atómico del agua en estado

sólido dentro de las ecuaciones diferenciales de cinética química. El sistema en cuestión es el dosímetro de Fricke, una disolución de sales de hierro II, que al ser expuesta a radiación gamma, se oxida a hierro III. Si bien, este no es un sistema con moléculas orgánicas, es un primer paso para comenzar con la modelación numérica de sistemas acuosos bajo radiación gamma a diferentes temperaturas, lo que en un futuro nos permitirá trabajar con moléculas orgánicas.

SE19-8

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA CAPA LÍMITE PLANETARIA DE TITÁN USANDO LARGE EDDY SIMULATION EN EL MODELO MTWRF

Chin Canche Guillermo Adrian¹, Rafkin Scott², Farfán Molina Luis¹, Soto Alejandro² y Chávez Dagostino Miguel³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Southwest Research Institute, SwRI

³Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, INAOE

gchin@cicese.edu.mx

Titán, no tiene nada que envidiar a los planetas: se sabe que alberga una meteorología rica y dinámica, donde su capa límite planetaria (PBL, en inglés) es importante para los intercambios de cantidad de movimiento, calor, especies químicas y aerosoles entre la superficie y la atmósfera, mismos que son de gran interés astrobiológico por la gran cantidad de procesos químicos orgánicos que se desarrollan en la interacción océano-suelo-atmósfera. La evolución de la PBL también es relevante para las operaciones de entrada y vuelo atmosférico de la misión Dragonfly de la NASA. La fuerza de la turbulencia convectiva diurna y su organización están mal restringidas, y la larga constante de tiempo radiativo en la atmósfera inferior de Titán puede evitar la formación de una inversión nocturna. Para mejorar la comprensión de la PBL, adaptamos el modelo "mesoescala Titan WRF" (mtWRF) (Rafkin y Soto, 2020) a una configuración de Large Eddy Simulations (LES) para simular explícitamente la PBL de Titán bajo un esquema radiativo gris con dispersión (Chatain et al., 2022). y se inicializan con los perfiles de Huygens (HASI) (Fulchignoni et al., 2005). La principal modificación de la física del modelo es la activación de la parametrización de Smagorinsky (1963) para un ciclo diurno, el modelo se configuró un dominio 2-D apropiado para LES de 20 km horizontal x 2.5 km en la vertical. El espaciado de la cuadrícula horizontal es diferente para cada caso, variando de 10 m a 40 m. En la vertical hay un espaciado con 60 niveles que aumentan exponencialmente, se utiliza una condición de contorno cíclica horizontal y una capa amortiguadora en la vertical para reducir los reflejos de las ondas de gravedad en la parte superior del modelo. Los resultados muestran que la profundidad de la PBL crece dentro del modelo en las primeras 5 horas Titán (~65 horas terrestres) de simulación, similar a Laveley et al., (2021); sin embargo, dependiendo de la configuración de la cuadrícula la estructura muestra resultados significativamente diferente, en todas las simulaciones se muestran subcapas dentro de la PBL, no obstante el número de ellas cambia dependiendo de la configuración, por lo que se concluye que la mejor configuración es la que se asemeja a los resultados obtenidos por Charnay y Lebonnois (2012) en donde se observan secciones discontinuas de 300 m (capa superficial) a 900 m (capa mixta) y 2500 m (zona de arrastre). A su vez, se caracterizaron las dimensiones de los remolinos convectivos y las plumas térmicas en todo el ciclo diurno, por lo que los resultados preliminares muestran una gran diferencia entre las estructuras diurnas y nocturnas, se muestra la necesidad de una correcta elección entre un dominio suficientemente grande para cubrir al menos 4 remolinos nocturnos, pero con cuadrícula pequeña para resolver correctamente las plumas térmicas y optimizando el tiempo de integración para el poder de cómputo con el que se cuenta. Se proponen simulaciones segmentadas para resolver dicha problemática y se comparan los resultados con las simulaciones continuas.

SE19-9 CARTEL

SISTEMA DE MONITOREO PARA "CITLALIN TLAMINA", LA RED MEXICANA DE METEOROS

Reyes Lara Luis Alberto¹, Hernández García Jaciel², Cordero Tercero María Guadalupe³, Velázquez Villegas Fernando⁴ y Esparza Posadas Marcos Francisco⁵

¹UPIITA, IPN

²IPN

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Facultad de Ingeniería, UNAM

⁵FES Aragón, UNAM

luisripn@gmail.com

Los meteoros, más comúnmente conocidos como estrellas fugaces, son eventos que acontecen en la atmósfera terrestre y cuya ocurrencia es impredecible. Cuando los meteoros son muy brillantes, se les denomina bólidos. En el año 2013, un inesperado superbólido irrumpió en el cielo de Cheliabinsk, Rusia cuya onda de choque causó daños al llegar al suelo rompiendo paredes, puertas y cristales lo que causó daños a alrededor de 1200 pobladores del lugar. A raíz de este evento, el interés por este tipo de fenómenos creció a nivel mundial pues mostró de una manera evidente que la colisión con objetos incluso relativamente pequeños (alrededor de 19 metros en el caso de Chelyabinsk), pueden llegar a ser un problema de salud pública. En México se ha estado trabajando durante años en la creación de la Red Mexicana de Meteoros cuyo objetivo es establecer una serie de estaciones de observación de meteoros a lo largo del territorio nacional para

obtener información que permita: a) estudiar en detalle la interacción meteoroides atmósfera, b) determinar propiedades físicas de los impactores; c) encontrar o ratificar nuevas lluvias de estrellas; d) recuperar y estudiar meteoritas, e) estudiar la interacción de la onda de choque con el suelo mediante el análisis de sismogramas y f) servir de apoyo a Protección Civil. Para poder registrar este tipo de fenómenos celestes se diseñó un sistema de monitoreo y detección de meteoros mediante procesamiento de imágenes obtenidas por cámaras tipo WAT-902H2 ULTIMATE; el cual cuenta también con una interfaz para el reconocimiento de meteoros a través de una red neuronal. También se trabajó en una estructura diseñada a la medida para albergar las cámaras y permitir su operación en un ambiente controlado, a través del módulo de control de temperatura y humedad. Por otro lado, para que las cámaras puedan filmar durante el día sin dañar sus sensores CCD, se adaptó un coronógrafo a cada cámara cuyo objetivo fue disminuir la luz solar captada por las cámaras. Para diseñar y construir el sistema de monitoreo se empleó la metodología de diseño mecatrónico V de Isserman la cual permite integrar módulos mecánicos, informáticos, electrónicos y de control. Dicha metodología permite diseñar un sistema modular cuya ventaja es poder seccionar el sistema en módulos independientes para su mantenimiento y futuras mejoras. Actualmente, el sistema, que se encuentra en fase de pruebas finales, consiste en una estructura metálica y una serie de controladores de temperatura, humedad y punto de rocío internos. Estas variables, al igual que el movimiento del coronógrafo, la detección de movimiento y el reconocimiento de aquellos objetos que sean meteoros son registrados y procesados por un programa realizado en Python hecho ad hoc para la Red de Meteoros.

SE19-10 CARTEL

DISEÑO DE UN CORONÓGRAFO PARA CITLALIN TLAMINA, LA RED MEXICANA DE METEOROS

Esparras Posadas Marcos Francisco¹, Velázquez Villegas Fernando², Cordero Tercero María Guadalupe³, Reyes Lara Luis Alberto⁴ y Hernández García Jaciel¹

¹FES Aragón, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴UPIITA, IPN

franciscoesparras4@aragon.unam.mx

El presente trabajo es parte de la Red Mexicana de Meteoros "Citlalin Tlamina", la cual tiene el objetivo de cubrir el territorio nacional con estaciones de monitoreo que registren la entrada de material de naturaleza asteroidal y cometaria a la atmósfera terrestre para su posterior estudio y análisis. En este sentido, la RMM utiliza un arreglo de 4 cámaras que combinando sus campos de visión observan toda la bóveda celeste. Con el fin de filmar el cielo durante las 24 horas del día, se requiere el diseño, fabricación e implementación de un sistema que atenúe el efecto de la luz solar en el campo de visión de las 4 cámaras. Este sistema llamado coronógrafo, se colocará en cada cámara permitiendo la filmación del cielo durante el día, pues actualmente la RMM (y otras redes de monitoreo de meteoros a nivel mundial), sólo funcionan durante la noche debido a que la exposición directa al Sol dañaría el sensor de las cámaras. La relevancia de este trabajo radica en la creación de un sistema que permita a las cámaras funcionar durante el día. Atenuando la luz solar, pero sin disminuir considerablemente la luminosidad de los cuerpos que entran a la atmósfera. Lo anterior resulta fundamental debido a que las alternativas existentes para cámaras disminuyen tanto la luz del Sol, como la de otros cuerpos celestes. Para el diseño e implementación del coronógrafo de la RMM se consideró que cada cámara contara con un sistema independiente. Éste debe colocarse y removerse con facilidad y sin el uso de tornillos. No debe interferir con el campo de visión, ni con ningún elemento de control de las cámaras. Por último, debe ser fácil de fabricar y lo más ligero posible. Para desarrollar este proyecto se utilizó diseño asistido por computadora (CAD), instrumentación electrónica y programación en MATLAB y C++. El sistema elaborado consiste en una carcasa, diseñada a medida para la cámara. Sobre la cual se coloca un motor que moviliza (mediante un juego de poleas) a una barra delgada sobre el campo de visión de cada cámara, de tal manera que siga la trayectoria del Sol y atenúe la intensidad de la luz solar. Para posicionar la barra de acuerdo con la trayectoria del Sol, el sistema es apoyado por un GPS y un giroscopio que brindan los parámetros de entrada al algoritmo de control. Así mismo, se cuenta con un sistema de retroalimentación en caso de que los ángulos iniciales de las cámaras cambien debido a un factor externo (animales, personas, movimientos telúricos, etc.). El sistema se controla mediante la placa de desarrollo ESP32. En este trabajo se exponen los resultados obtenidos y los desafíos por resolver.

SE19-11 CARTEL

GENERACIÓN DE UNA MALLA ESTELAR DE REFERENCIA PARA LA ASTROMETRÍA DE LA RED MEXICANA DE METEOROS

Rosas Gómez Donovan¹, Hernández Beltrán David¹, Aguilar Badillo Fernando¹ y Cordero Tercero Guadalupe²

¹UPIITA, IPN

²Instituto de Geofísica, UNAM

drosasg1403@alumno.ipn.mx

Citlalin Tlamina, la Red Mexicana de Meteoros, tiene como objetivo el registro de la entrada de objetos de naturaleza asteroidal y cometaria a la atmósfera de la

Tierra para estudiar la dinámica de la interacción cuerpo atmósfera y conocer su composición química. Una parte importante de este análisis es conocer la posición del objeto respecto a estrellas de referencia. Esto puede realizarse durante la noche, pero no durante el día pues en este periodo no se observan estrellas. Para poder identificar las estrellas de referencia en la noche y saber sus coordenadas ecuatoriales, así como tener puntos de referencia durante el día se ha trabajado en una malla que permita hacer esto. Dicha malla se construyó a partir de un catálogo estelar compuesto por estrellas de magnitud menor o igual a 6 provenientes de los catálogos Gliese, Hiparco y Yale y de considerar un conjunto de ecuaciones de transformación que permiten pasar de coordenadas estelares a coordenadas de imagen y viceversa. Durante la construcción de la malla se empleó Stellarium como punto de comparación. La malla obtenida es un buen sistema de referencia dentro de los errores calculados, aunque consideramos que es posible mejorarla. Para analizar los datos, un punto importante es ser capaz de obtener posiciones y magnitudes de los objetos cuadro por cuadro, así como la intensidad de su brillo. Realizar este procedimiento manualmente requiere mucho tiempo, razón por la cual se hace necesaria la creación de un programa que haga el proceso lo más automáticamente posible. Se ha estado trabajando en él y se tienen avances significativos.

SE19-12 CARTEL

PROPUESTA PARA CALIBRAR LOS ESPECTROS OBTENIDOS POR CITLALIN TLAMINA, LA RED MEXICANA DE METEOROS

Gutiérrez Esquivel Akari¹, Martínez González Elisa² y Cordero Tercero Guadalupe³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Universidad Iberoamericana

³Instituto de Geofísica, UNAM

akari@ciencias.unam.mx

Se estima que cada año la Tierra recibe cerca de un millón de toneladas de materia interplanetaria, la cual ingresa a la atmósfera terrestre a velocidades típicas de un par de decenas de kilómetros por segundo. La interacción de este material con la atmósfera produce que su temperatura se eleve a más de 4000 K, por lo que el objeto entrante se funde, evapora y ioniza emitiendo una luz conocida como meteoro. Como la mayoría de los objetos cósmicos que atraviesa la atmósfera terrestre no sobrevive, el registro de la luz que emite proporciona información valiosa sobre la composición de tales cuerpos. Dicha información se obtiene utilizando rejillas de difracción o algún instrumento similar. Desde 2016, en México se ha estado trabajando en la creación de Citlalin Tlamina, la Red Mexicana de Meteoros. Uno de sus principales objetivos es estudiar las propiedades de los impactores entre las que se encuentra su composición. En este sentido, en este trabajo se pretende desarrollar una metodología para el análisis espectral de los meteoros captados por Citlalin Tlamina. Para obtener los espectros de los meteoros se emplearán rejillas de difracción de 500 y de 1000 líneas/mm, pero primero es necesario llevar a cabo una serie de pasos que resumidos son: 1) Corrección de la distorsión de las cámaras, 2) Determinación de la distancia focal; 3) Obtención experimental de espectros de una lámpara de Hg-Ar y de otra lámpara RGB-láser, 4) Procesamiento de las imágenes.

SE19-13 CARTEL

SURFACE AREA MODELLING FOR THE CRATERS AND EJECTA PRODUCED DURING 4.2-3.8 GY BP: IMPLICATIONS FOR THE LATE HEAVY BOMBARDMENT OF THE MOON

López Bautista Víctor Hugo¹ y Cordero Tercero Guadalupe²

¹ENES, Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

victorlopezb2000@gmail.com

Amongst many findings, the lack of impact record prior to 4.2 Gy found from radiometric ages of the lunar missions' samples led to the proposal of a period between 4.2 and 3.8 Gy where the impact rates raised at a level that permitted an erasing of pre-existent impact record. This period was initially named "Terminal Lunar Cataclysm" and later renamed as the "Late Heavy Bombardment" (from now on LHB). Many arguments and counterargument have been given to support or not this hypothesis. One of these counterarguments is the "stone-wall effect", in which the loss of impact record prior to 4.2 Gy is a natural consequence of an exponentially decreasing impact rate on the Moon's surface. In order to test the "stone-wall effect", a model was used to estimate the area covered by impact craters and their ejecta considering an exponentially declining impact rate for the period between 4.2 and 3.8 Gy without an LHB with its corresponding size distribution. According to our results, an LHB is not necessary to explain the lack of impact ages older than 4.2 Gy observed in the lunar missions' samples. This has implications in two important models of the early development of the solar system architecture.

SE19-14 CARTEL

ANÁLISIS DINÁMICO DE SISTEMAS OBSERVADOS Y AZAROSOS Y SU RELACIÓN CON LA “LEY” DE TITIUS-BODE

Lara Cruz Patricia¹ y Cordero Tercero María Guadalupe²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

lara@igeofisica.unam.mx

En un estudio previo llevado a cabo por las autoras se mostró que la relación Titius-Bode tiene una capacidad de predecir la existencia de planetas en sistemas extrasolares con un 78 % de probabilidad y que los períodos (posiciones) de los planetas en sistemas exoplanetarios no son aleatorios [1]. Utilizando datos de sistemas exoplanetarios y proponiendo algunos parámetros orbitales y masas para los planetas predichos en el trabajo mencionado en el párrafo anterior; se realizó un estudio dinámico, por medio de integraciones orbitales de n-cuerpos, con el propósito de analizar la viabilidad de la estabilidad dinámica de los sistemas planetarios considerando tanto los planetas observados como los predichos por la relación Titius-Bode. De las simulaciones de los 13 sistemas exoplanetarios estudiados, se encontró que 7 de ellos se mantienen estables, lo cual sostiene la posibilidad de la existencia de planetas aún no encontrados. Aunado a lo anterior, se realizó un análisis dinámico de la evolución orbital de 100 sistemas de planetas con semiejes mayores y masas generados al azar. Los resultados de las simulaciones de estos 100 sistemas arrojaron que en 36 de ellos se mantienen 3 o más planetas. El análisis de este centenar de sistemas “azarosos” mostró que a lo largo de su evolución orbital pueden pasar por períodos en los cuales sus órbitas son casi estables antes de alcanzar estabilidad. En cada uno de estos periodos su configuración orbital se va acercando cada vez más a una configuración que siguen una relación tipo Titius-Bode. Las simulaciones de sistemas exoplanetarios tanto observados como azarosos muestran que el criterio de la delta de Hill, el cual está relacionado con la separación entre planetas, es determinante para que éstos se mantengan estables. Otro fenómeno que parece ayudar en la estabilidad planetaria es el de la resonancia de movimiento medio entre los planetas del sistema. En conclusión y de acuerdo con nuestros resultados: a) la relación TB tiene capacidad predictiva, b) los cuerpos en los sistemas planetarios no están a distancias aleatorias respecto a su estrella y c) las simulaciones orbitales justifican dinámicamente la posibilidad de la existencia de los planetas predichos. Referencias [1] Patricia Lara, Guadalupe Cordero-Tercero, y Christine Allen. The reliability of the Titius-Bode relation and its implications for the search for exoplanets. , 72(2):24, 2020. doi:10.1093/pasj/psz146.

SE19-15 CARTEL

RELEVANCIA DE LAS FUENTES DE ENERGÍA EMPLEADAS EN EXPERIMENTOS DE QUÍMICA PREBIÓTICA

Negrón-Mendoza Alicia¹, Meléndez-López Adriana^{1,2}, Cruz-Castañeda Jorge¹, Chacón-Baca Elizabeth³, Ramírez-Vázquez Luisa⁴, Ramos-Bernal Sergio¹ y Heredia-Barbero Alejandro¹¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM³Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León⁴Instituto de Geofísica, UNAM

negrón@nucleares.unam.mx

La energía es la encargada de iniciar, impulsar y dirigir los procesos fisicoquímicos. Por consiguiente, es una pieza fundamental en las reacciones químicas que se llevaron a cabo durante la evolución química en la Tierra del Hadeano; al mismo tiempo, las fuentes de energía son el motor en los experimentos de simulación en química prebiótica, en los cuales se evalúan las reacciones que pudieron formar los compuestos esenciales para la formación de moléculas de relevancia prebiótica (Luisi, 2006). Los procesos geológicos que probablemente ocurrieron en la Tierra primitiva a través de una intensa actividad volcánica, tormentas eléctricas, radiación ultravioleta intensa y bombardeo de material asteroidal y cometa. Estas fuentes energéticas pudieron contribuir a estos procesos fisicoquímicos, por ello, se utilizan fuentes análogas (lámparas UV, hornos, descargas eléctricas, etc.) en los laboratorios que tratan de reproducir estas transformaciones. Dado que la importancia relativa de una fuente de energía libre en síntesis abióticas está determinada por la combinación de su abundancia y su eficiencia en la formación de compuestos orgánicos, evaluar la eficiencia de una fuente de energía resulta fundamental. En este trabajo se analizan diferentes fuentes de energía que posiblemente existieron en la Tierra primitiva en función de los resultados obtenidos en diferentes sistemas, al exponer compuestos orgánicos sencillos y de importancia prebiótica a algunas de estas fuentes propuestas. Los resultados indican que la eficiencia en síntesis abiótica es resultado de dos procesos: qué proporción de reactivos se transforman en productos y, si una vez formados, éstos pueden escapar a la acción destructiva de esa u otras fuentes de energía. Agradecimientos al Proyecto PAPIIT IN114122 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, D. Marín-Lámbarrí, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias Luisi, P.L. 2006, The emergence of life, from chemical origins to synthetic biology. Cambridge University Press, UK.

SE19-16 CARTEL

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DE LA FORMACIÓN DE POLIPÉPTIDOS EN HIELOS DE AGUA EN LA TIERRA PRIMITIVA

Molina-Sevilla Paola, Negrón-Mendoza Alicia y Heredia-Barbero Alejandro

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

paolam@nucleares.unam.mx

Price, en 2007 publica un artículo donde propone a los hielos de agua como promotores de la formación de moléculas de la vida. Al ser un sistema multifásico, el hielo marino reacciona ante pequeñas variaciones de temperatura con fuertes cambios en distintas propiedades. Se modifica por ejemplo la cantidad de compuestos que pueden adsorberse y la estructura de los pequeños compartimentos membranosos y otras propiedades fisicoquímicas como los potenciales eléctricos, fuerza iónica y sus propiedades catalíticas. Esto nos sugiere que tal entorno es adecuado para generar procesos catalíticos que finalmente podrían conducir a sistemas moleculares complejos del tipo de oligómeros de aminoácidos. En este trabajo simulamos in silicio el autoensamblamiento de polímeros de hielo de agua terrestres (cúbico y hexagonal) que, de forma preliminar promueven la oligomerización de algunos aminoácidos como alanina y glicina. Adicionalmente, se evalúa la dependencia de esta posible oligomerización prebiótica, con la temperatura y la quiralidad del aminoácido. Como perspectiva, se simularán también factores como la salinidad y pH, en nuestro grupo del Instituto de ciencias nucleares de la Universidad nacional autónoma de México Agradecimiento DGAPA-UNAM-PAPIIT-IN205522

SE19-17 CARTEL

CARACTERIZACIÓN MEDIANTE LA PIROLISIS RÁPIDA ACOPLADA A CROMATOGRFÍA DE GASES Y ESPECTROMETRÍA DE MASAS, DE AEROSOL ANÁLOGOS A LOS ENCONTRADOS EN LA ATMÓSFERA DE TITÁN

De la Rosa Canales José, Mendoza-Téllez Sebastián, Molina-Sevilla Paola, Rojas-Vivas José Alfredo y Cruz-Castañeda Jorge Armando

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

delarosa@nucleares.unam.mx

Titán es una de las lunas más estudiadas de nuestro sistema solar, en la actualidad, su atmósfera está conformada principalmente por nitrógeno, metano y una capa de aerosoles de coloración pardo-amarillenta que envuelven la superficie del satélite. Debido a la considerable concentración de metano, Titán posee un ciclo muy similar al ciclo hidrológico de la Tierra, es decir hay formación de nubes, llueve y presencia de depósitos líquidos de metano. Además de formar parte de la atmósfera del satélite, los aerosoles suelen depositarse en la superficie e interaccionar con los cuerpos de metano líquido presentes en Titán. Generando mezclas ricas en materia orgánica a través de la parte soluble e insoluble del aerosol. Se han realizado simulaciones teóricas y experimentales con la finalidad de comprender la interacción aerosol-superficie a través de la caracterización de análogos de estos aerosoles, los cuales son conocidos como “tolinas”. Con el fin de comprender la química que sucede en Titán y si esta puede desencadenar en la posible síntesis de compuestos orgánicos de interés prebiótico, en este trabajo, se caracterizaron por medio de la técnica acoplada de pirólisis rápida acoplada a cromatografía de gases y espectrometría de masas de “tolinas” provenientes de una simulación experimental de la atmósfera de Titán (mezcla 10% metano en nitrógeno) que fue sometida a plasmas inducidos por láser (impactos de bólidos), este tipo de instrumentación analítica será seguramente utilizada en próximas misiones espaciales a Titán como la misión “libélula” de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos), Comprender la estructura química de los aerosoles presentes en Titán, a través del reconocimiento de grupos funcionales dentro de los productos de degradación térmica, puede ayudarnos a establecer una postura frente a la posibilidad de que la generación e interacción de aerosoles pudiera ser una ruta viable para la obtención de compuestos orgánicos de interés prebiótico, entre estos compuestos nosotros hemos identificado hidrocarburos (saturados, insaturados y aromáticos), así como una variedad de nitrilos.

SE19-18 CARTEL

ANÁLISIS DE ORGÁNICOS EN ESTROMATOLITOS FÓSILES Y ACTUALES UTILIZANDO LA TÉCNICA ACOPLADA DE PI-CG-EM - IMPLICACIONES EN LA BÚSQUEDA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN MARTE

López Genova Alexei, Rojas Vivas José Alfredo, Molina Sevilla Paola, De la Rosa Canales José y Navarro-González Rafael

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

alexeigenova@gmail.com

En la Tierra se conoce que los estromatolitos son depósitos órgano-sedimentarios, cuyos componentes principales son carbonatos con restos de materia orgánica, generados por la presencia de microorganismos, considerados como la evidencia de vida más antigua en nuestro planeta. Por otro lado, la búsqueda de vida en Marte se ha enfocado en las últimas décadas a la detección de compuestos orgánicos

provenientes de posibles organismos vivos en el presente o en el pasado del planeta rojo. Del mismo modo, se ha considerado a compuestos inorgánicos que son o fueron productos de la acción de la vida. Por lo tanto, la búsqueda y detección de este tipo de estructuras sobre la superficie marciana podría albergar evidencia de vida pasada en el planeta Marte. En este trabajo se utilizó la técnica acoplada Pi-CG-EM, presente en algunas misiones robóticas en Marte, para el análisis de dos muestras de estromatolitos, uno considerado fósil proveniente del Desierto de Mojave y otro reciente proveniente del Lago la Preciosa en el estado de Puebla. Se encontró que el estromatolito fósil generó compuestos simples como monóxido de carbono y dióxido de carbono, por otro lado, el estromatolito reciente generó gran variedad de compuestos orgánicos. Nuestros resultados sugieren que la técnica de Pi-CG-EM puede resultar ineficiente en la búsqueda de compuestos orgánicos en posibles estromatolitos fósiles de Marte, pudiera ser por la baja sensibilidad de la técnica antes los componentes orgánicos en estromatolitos fósiles.

SE19-19 CARTEL

SIMULACIÓN EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA HIDROTHERMAL SUBMARINO TIPO ENCÉLADO: PROCESOS RELEVANTES EN EVOLUCIÓN QUÍMICA

Reyes Alcántara Juan Alberto^{1,2}, Cruz Castañeda Jorge Armando¹, Meléndez López Adriana Leticia^{1,3}, Negrón Mendoza Alicia¹ y Ramos Bernal Sergio¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Facultad de Química, UNAM

³Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

juan.reyes@correo.nucleares.unam.mx

Las lunas heladas o "Icy Worlds" de nuestro sistema solar son satélites naturales que contienen una gran cantidad de hielos de agua, tienen interés astrobiológico debido a algunos fenómenos fisicoquímicos que ocurren en ellas, son de gran relevancia en evolución química, un ejemplo de estos satélites es Encélado una luna de Saturno (NASA Solar System Exploration, n.d.). Encélado es el cuerpo más reflejante en nuestro sistema solar, ha sido estudiado por la NASA con la misión Cassini en 2008, entre los resultados obtenidos, resaltan una cubierta de caltratos formada a partir de fumarolas emitidas en su polo sur, cuya composición química es principalmente agua, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, nitrógeno, amoníaco y argón-40 (Waite, J. H., et al., 2009), además algunas sales inorgánicas y compuestos derivados de silicio, resultado de procesos hidrotermales en el océano debajo de su cubierta helada (Barge, L. M., & White, L. M., 2017). Los sistemas hidrotermales son aquellos donde se efectúa la transferencia de energía térmica por conducción hacia un fluido como un océano (subacuático) o una atmósfera (subaéreo), a través de una superficie mineral adyacente a una fuente de calor como los procesos geotérmicos al interior del cuerpo, lo que permite que estos sistemas puedan actuar como reactores químicos naturales con reacciones inducidas por energía térmica y modificadas por la presión y la temperatura (Pirajno, F., 2009). En el caso de Encélado, los datos de las misiones espaciales informan sobre concentraciones importantes de hierro iónico y de precursores o sustancias de interés astrobiológico como hidrocarburos policíclicos aromáticos y sus derivados, acetileno, cianuro de hidrógeno, formaldehído, entre otras (Angelis, G. I., et al., 2020). Algunos resultados reportados indican que el dióxido de carbono en un medio acuoso de hierro, bajo condiciones hidrotermales favorece la formación de fenoles que en presencia de formaldehído como intermediario, a las mismas condiciones, induce reacciones de polimerización por condensación a diferentes proporciones de fenol/formaldehído y que se muestran como productos sedimentados sobre minerales presentes en el medio (Angelis, G. I., et al., 2020). El objetivo de este trabajo es simular experimentalmente un océano tipo Encélado a partir de disoluciones concentradas de sulfato de hierro(II) ~0.5 M y cloruro de hierro(III) ~0.5 M como fuentes de hierro, carbonato de sodio ~1 M y amoníaco al ~1% para imponer un pH alcalino (10-12) en presencia de formaldehído en concentración del orden de 0.001 M (Angelis, G. I., et al., 2020) para estudiar su estabilidad en el sistema simulando las condiciones hidrotermales, para ello, se utiliza un reactor Parr® de alta presión, controlando la temperatura en un intervalo de (92-120)°C (Barge, L. M., & White, L. M., 2017), el análisis químico se realiza a través de técnicas instrumentales como cromatografía (GC-MS, HPLC), espectroscopía electrónica (UV-Vis) y vibracional (IR y Raman), además de espectrometría de masas.

SE19-20 CARTEL

ESTUDIO DE UN AMBIENTE ANÁLOGO DE LA MINA DE NAICA (SULFATO DE CALCIO DIHIDRATADO CaSO₄·2H₂O) UNA APROXIMACIÓN DFT DE DINÁMICA MOLECULAR

López Pérez Jorge Ulises, Salazar Nieva Laura Beatriz, Martínez Flores César, Basiuk Vladimir, Negrón Mendoza Alicia y Heredia Barbero Alejandro

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

306080702@quimica.unam.mx

Las cuevas de Naica en Chihuahua, México han sido objeto de diversos estudios debido a su composición, a sus cristales de gran tamaño y a sus ambientes extremos. Los cristales de mayor tamaño que se encuentran en ellas son de selenita (CaSO₄·2H₂O) que se forman por las altas concentraciones de azufre, oxígeno y cationes metálicos, los cuales a temperaturas menores a 58°C precipitan como Anhídrita (CaSO₄) que con el descenso de la temperatura se hidrata para convertirse en Selenita al final del proceso. Esto nos lleva a poner énfasis en el comportamiento de la selenita a temperaturas mayores a la ambiental para comprender la anomalía

de las dimensiones y su interacción con los compuestos orgánicos que podrían ser remanentes de vida. Para ello, el objetivo de este trabajo es implementar la teoría de dinámica molecular con el método de pseudopotencial de onda plana a través del código SIESTA y CASTEP para correr una rampa de temperatura en la estructura "bulk" del mineral y observar posibles cambios conformacionales como en los experimentos de Calorimetría de Barrido Diferencial. En ambos casos, se empleó el funcional de Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE) con base en los resultados obtenidos en el proceso de optimización. Se utilizó el ensamble NVT con un termostato Nosé-Hoover y una variación de la temperatura del sistema entre 25 y 150°C. La simulación se realizó con un tamaño de tiempo de 1 fs y tiempos de simulación totales de 1 fs, 100 fs y 500 fs. Los resultados muestran la evolución de los parámetros de red (longitud, ángulos y volumen) conforme al incremento de la temperatura del sistema. Finalmente, los resultados computacionales obtenidos en este trabajo servirán como guía, en la nanoescala, para entender la relevancia del auto ordenamiento y catálisis prebiótica de compuestos orgánicos en experimentos de TGA y DSC. Agradecimientos: Al Instituto de Ciencias Nucleares por el apoyo brindado para la realización de este proyecto. Al equipo de cómputo del ICN. Al proyecto PAPIIT IN205522 Palabras Clave: Simulación Computacional, Dinámica Molecular, NVT, Nosé-Hoover, Minas de Naica.

SE19-21 CARTEL

OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA CRISTALINA DE SELENITA (SULFATO DE CALCIO DIHIDRATADO CaSO₄·2H₂O) EMPLEANDO MÉTODOS DFT

Salazar Nieva Laura Beatriz, López Pérez Jorge Ulises, Martínez Flores César, Basiuk Vladimir, Negrón Mendoza Alicia y Heredia Barbero Alejandro

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

laurasn@ciencias.unam.mx

La selenita ha sido hallada en cráteres por impacto de meteoritos en la Tierra y en posibles ambientes análogos extraterrestres, un análogo de este tipo de ambientes y de sistemas hidrotermales salinos son las minas de Naica (Naica, Chihuahua, México), donde se encuentran formaciones gigantes de selenita. Estos ambientes son casos de estudio de la química prebiótica ya que en las cuevas se ha encontrado actividad biológica, es decir, compuestos biogénicos que tienen interacción con el mineral. Actualmente las minas se encuentran cerradas al público lo cual dificulta la investigación y experimentación. Este problema se resuelve parcialmente mediante el estudio del mineral de Naica por métodos de simulación computacional de primeros principios (ab initio), los cuales son relativamente nuevos. El objetivo de este trabajo es optimizar la estructura del cristal de selenita (CaSO₄·2H₂O) empleando el método de pseudopotencial de onda plana implementado en el código SIESTA y CASTEP (métodos ab initio) como base para cálculos más complejos como la interacción de un orgánico con el mineral en bulto. Se empleó la Teoría de Funcionales de la Densidad (DFT) con varios funcionales (LDA, GGA y correcciones de dispersión) para describir la interacción de intercambio y correlación de energía con el fin de cuantificar los efectos de las diferentes aproximaciones en la celda unidad de selenita. Los resultados de la optimización muestran un buen acuerdo en los parámetros de red (longitud, ángulos y volumen) cuando se emplean funcionales GGA (Perdew-Burke-Ernzerhof, PBE) en conjunto con las correcciones de dispersión tipo Grimme y Tkachenko-Scheffler. Finalmente, los resultados de la optimización están en buen acuerdo con otros valores computacionales y experimentales reportados en la literatura. Palabras Clave: Simulación Computacional, DFT, Minas de Naica. Agradecimientos: Al Instituto de Ciencias Nucleares por el apoyo brindado para la realización de este proyecto. Al equipo de cómputo del ICN. Al proyecto PAPIIT IN205522

Sesión especial

UN RECONOCIMIENTO A LOS GEOCRONÓLOGOS PIONEROS EN LA GEOLOGÍA DE MÉXICO (MAYORES DE 70 AÑOS)

Organizadores

Alexander Iriondo
Teresa Orozco Esquivel
Manuel Contreras López
Carlos Ortega Obregón

SE20-1

MEMORY LANE, LAS CONTRIBUCIONES DE ALGUNOS GEOCRONÓLOGOS DISTINGUIDOS EN MÉXICO A MIS INVESTIGACIONES

Aranda Gómez José Jorge

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias
jjag@geociencias.unam.mx

La geología es una ciencia histórica. En ella se establecen las edades relativas de los eventos aplicando principios estratigráficos, de sucesión faunística y con base en relaciones de corte simples. Además de una cronología relativa, ahora son indispensables edades numéricas, generalmente basadas en el decaimiento de elementos radiactivos. Hasta los años 1960's, en México solo se obtenían edades relativas de los fenómenos sucedidos en una región determinada. Gracias a un grupo de investigadores, donde figuraban Zoltán deCserna, César Rincón y Gregorio Solorio, se obtuvieron las primeras edades isotópicas de rocas mexicanas. Posteriormente, otros grupos, entre los que destacan el de UT-Austin, liderado por Fred McDowell, comenzaron a obtener edades K-Ar. Después, los laboratorios de Rb-Sr y de Ar-Ar, de Peter Schaaf y Margarita López, respectivamente, hicieron grandes contribuciones a la geocronología en México. Actualmente, los laboratorios de U-Pb (Luigi Solari) y de Ar-Ar (Teresa Orozco) en Querétaro, juegan un papel importante. Gregorio Solorio colaboró incondicionalmente conmigo hasta su fallecimiento. En mi labor trabajé con otros investigadores importantes en el desarrollo de la geocronología en México. Con Chris Henry estudié rocas volcánicas de Durango. Los datos adquiridos permitieron fechar cuatro pulsos (ca. 29, 24-20, 12-10 y <2 Ma) de magmatismo alcalino y extensión. Colaboración con Fred McDowell dató capas rojas y pulsos de extensión en Guanajuato (ca. 49 Ma) y Zacatecas (< 50 – 27 Ma). Con Jim Luhr, Todd Housh y Chuck Connor fechamos en el Berkeley Geochronology Laboratory fallas y volcanes (< 5 – 0.1 Ma) en el Campo Volcánico de Camargo, estableciendo que volcanismo y fallamiento migraron con una tasa y dirección semejantes al movimiento de la Placa de Norteamérica. Bill McIntosh analizó gratuitamente muestras del Campo Volcánico de Durango. Dan Miggins fechó algunos volcanes de Valle de Santiago, también gratis. Recientemente, he empleado el laboratorio de U-Pb en el CGEO, para analizar la edad de los rellenos sedimentarios de las cuencas de Teocaltiche y Juchipila con Oscar Carranza y Norma González, respectivamente. El relleno sedimentario de la cuenca de Teocaltiche muestra que ésta fue un sistema agradacional casi desde el inicio de la estructura (ca. 28 Ma) hasta al menos el Plioceno. Ignoramos si la sedimentación fue continua o si hubo interrupciones. Con Luigi Solari estudié las edades de circones en xenolitos de la parte profunda de la corteza de San Luis Potosí. Los xenolitos (metapelitas) del Cerro del Toro demuestran la existencia de un pulso de ultra-metamorfismo de alta temperatura debajo de ese volcán en el lapso 27-6 Ma. Asimismo, sugieren que los sedimentos fueron re-laminados en la base de la corteza desde la cima de la placa en subducción. Actualmente, con Gabriel Chávez, César Ramírez, Samuel Eguiluz y Edgar Juárez, estoy interpretando MDAs de sedimentos continentales en Coahuila y Zacatecas. Con esto, documentamos un pulso tardío (Oligoceno – Mioceno temprano) de acortamiento tectónico en el norte de México. Resumiendo, la colaboración con varios geocronólogos distinguidos ha sido de gran relevancia en mis investigaciones. PapiitlG101523.

SE20-2

LEON T. SILVER'S LEGACY OF U-PB ZIRCON GEOCHRONOLOGY IN MEXICO 1967-1990

Nourse Jonathan¹, Anderson Thomas² y Henry Christopher³¹California State Polytechnic University, Pomona²University of Pittsburgh³Nevada Bureau of Mines and Geology

janourse@cpp.edu

We offer historical anecdotes and photos of our interactions with Lee Silver during multiple sample-collecting endeavors in Mexico. Lee began his work in northwesternmost Sonora in 1967 with reconnaissance sampling along Route 2 east of San Luis. This was closely followed by a 1968 road trip from Pasadena to the Geological Society of America meeting in Mexico City with new post-doc Tom Anderson, during which a side trip was taken to Oaxaca to sample gneisses of reputed Grenville age. Additional excursions with Anderson in 1969 and 1970 to the Seven Hills and Bamori areas of western Sonora led to recognition of a belt of 1.8-1.7 Ga basement that seemed out of place with respect to the similar Yavapai basement of Arizona. Silver's U-Pb ages from strategically located Sonora samples (collected by Tom) formed the basis for the Late Jurassic "Mojave-Sonora megashear" hypothesis, presented in 1974, that continues to exert profound influence on the interpretation of Mexican geology and tectonics. Meanwhile, in 1973 Lee invited Chris Henry, who had been an undergraduate at CalTech and went to grad school at UT Austin on Tom's recommendation, to generate U-Pb ages from Sinaloa granitic rocks to compare with K-Ar dates done at Texas. Under Lee's and Tom's exacting guidance, Chris learned to separate zircons from 200-pound samples, do Pb-dithione separation on 200-400 mg zircon aliquots, and perform sub-ppm Pb isotopic analyses. Lee was particularly proud of his lab's ability to do the last point, a remarkable accomplishment in 1973 that modern geochronologists may not appreciate. Between 1975 and 1983, Anderson joined Lee on several Sonora trips to "chase the megashear." A key outcome of that work was discovery of a mylonite belt of appropriate age, orientation, and sinistral shear sense just southwest of Sonoyta. A side result was the identification of multiple granitic mylonite outcrops and gneiss domes that proved to be a southern continuation of the Tertiary Cordilleran metamorphic core complex belt. Jon Nourse entered the foray in 1984, beginning with several excursions to Baja California and Sonora to sample the Peninsular Ranges batholith and its Sonoran equivalent. In addition to generation of new U-Pb ages, this work yielded Pb isotopic analyses of feldspar useful for mapping contrasts in basement concealed by the batholith. Nourse soon became involved with mapping of the Magdalena-Madera metamorphic core complex, concluding with a field check by Silver and Anderson in 1990. U-Pb data has recently surfaced from several samples processed by Silver from this area, confirming the presence of Grenville, mid Jurassic, Paleocene, and Eocene magmatic events. Lee Silver's contributions to our understanding of the geology, tectonics, and U-Pb geochronology of Mexico provide an important and valuable legacy to guide the endeavors of contemporary geoscientists who are tackling similar "old" problems with modern techniques.

SE20-3 PLÁTICA INVITADA

FRED MCDOWELL, STEVE CLABAUGH, AND THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN GEOLOGIC MAPPING AND GEOCHRONOLOGY IN THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO BEGINNING 1970

Henry Christopher
Nevada Bureau of Mines and Geology, University of Nevada Reno
chenry@unr.edu

The Department of Geological Sciences, The University of Texas at Austin, led by Fred McDowell (K-Ar geochronology) and Steve Clabaugh (geologic mapping), began geologic studies of the nearly unstudied Sierra Madre Occidental in 1970. The initial focus was on the rock types, stratigraphy, and timing of the Upper Volcanic Supergroup in a transect along old Highway 40 between Durango and Mazatlán. Old Highway 40, an incredibly scenic, 340 km long, undivided, two-lane, endless switchback route that rises from 1890 m at Durango to more than 2700 m along the crest of the SMO to sea level at Mazatlán, was an adventure in itself. Students Dave Wahl and Tim Barrett, working out of El Salto, and Eric Swanson, Ric Keizer, and Jim Lyons, working out of Durango, completed MS degrees that revealed two major pulses of rhyolitic ignimbrite activity 32-28 Ma and 24-23 Ma, one of the first recognized calderas, and alkalic basaltic magmatism at 12 Ma and in the Quaternary. Graduate work by Henry revealed that granitic magmatism of the Sinaloa batholith migrated continuously eastward between 100 and 45 Ma, that the youngest parts were buried beneath the SMO ignimbrites, and that a late pulse occurred at 20 Ma near the coast. A thesis by Gerardo Aguirre northwest of Durango demonstrated that SMO volcanism included an Eocene pulse of both rhyolitic and andesitic activity between 51-40 Ma. In the mid 1970s, the UT Austin program expanded northward to a northern transect between Chihuahua City and Hermosillo, in large part along unpaved roads. Students too numerous to name mapped the geology and did K-Ar dating of the mid-Cenozoic volcanic succession along and away from the transect. Further expansion took the graduate studies north and east to the Texas border and west to the Gulf of California, work in Sonora commonly in collaboration with Jaime Roldán. The scope of graduate theses expanded to include geochemical and radiogenic isotopes and included rocks from the older, southern transect. The combined mapping-geochronological-geochemical studies have led to the publication of innumerable peer-reviewed journal articles and geologic maps. Many students went on to productive careers in the earth sciences. McDowell, in collaboration with Bill McIntosh at New Mexico Tech, began 40Ar/39Ar dating of SMO volcanism that provided more precise dates but confirmed the accuracy of the pioneering K-Ar dating. Major pulses of predominantly rhyolitic ignimbrite volcanism in the Sierra Madre Occidental occurred at 46-40 Ma, nearly continuously between 36-32 Ma, a distinct pulse at ~30 Ma, and a late pulse at 24 Ma. Many of the geologic-geochronologic theses were in areas and at times when the only access was by dirt roads, modern topographic maps were absent, and a few of the otherwise very friendly SMO inhabitants were involved in the drug trade. The Instituto de Geología and the Consejo de Recursos Minerales provided essential support throughout.

SE20-4

FRED WALLACE MCDOWELL Y SU CONTRIBUCIÓN A LA GEOLOGÍA DE MÉXICO A PARTIR DE ESTUDIOS GEOCRONOLÓGICOS DE K-AR EN LA UNIVERSIDAD DE TEXAS EN AUSTIN

Iriondo Alexander
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
iriondo@geociencias.unam.mx

Fred Wallace McDowell, Fred para sus amigos, ya se ha jubilado de la Universidad de Texas en Austin (UT Austin) después de una carrera muy productiva enfocada a resolver, mediante la geocronología K-Ar (su lab en UT Austin) y Ar-Ar (McIntosh lab en Socorro, Nuevo México), problemas de diferente índole geológica. Sus fechamientos han significado un avance significativo en el conocimiento de la geología de México. Él es un referente importante para entender los episodios tectono-magmáticos presentes en los diferentes sectores de la Sierra Madre Occidental y regiones periféricas a esta. Sobre esta temática, encontrarán docenas de publicaciones con fechamientos K-Ar y Ar-Ar realizados por él y donde trabajó con sus colaboradores que incluyen, entre otros, a Jorge Aranda, Gerardo Aguirre, Bill McIntosh, Chris Henry, Jaime Roldán, D. Wark, Gabriela Mora-Klepeis, Eric Swanson y Martín Valencia. También tiene importantes colaboraciones con otros investigadores de la UT Austin (Todd Housh y Jim Connelly) con los que realizó fechamientos U-Pb en zircones de rocas mexicanas, principalmente en Sonora y Chihuahua. Durante mi año sabático en UT Austin en el 2011, Fred me presentó la geología de Chihuahua, desde sus rocas precámbricas y paleozoicas hasta las del triásico-jurásico. Otra de las cosas que aprendí durante la estancia es que Fred tiene una pasión especial hacia los granitos laramídicos del SW de Norte América, en particular, los presentes en Arizona, Sonora, Chihuahua y Nuevo México. Fue algo que me sorprendió, pero luego la cosa tuvo sentido cuando vi que su tesis doctoral, realizada en 1966 en la Universidad de Columbia, Nueva York, fue titulada: "K-Ar [Potassium-Argon] dating of Cordilleran intrusives" Después de semejante sorpresa, Fred ya no era únicamente el Señor del Vulcanismo de la Sierra Madre Occidental (SMO), sino que también tenía interés genuino en el basamento cristalino precámbrico del SW de Laurencia y su influencia en los

procesos magmáticos/graníticos laramídicos. De hecho, me heredó un buen número de muestras graníticas y/o separados de zircones de granitoides de Sonora y Chihuahua que quería fechar por U-Pb para comparar los resultados con las edades K-Ar que generó años atrás en horblenda, moscovita y biotita en su laboratorio en la Universidad de Texas en Austin. En esta plática presentaré algunas pinceladas sobre los trabajos que realizamos conjuntamente durante mi sabático en UT Austin y también otras colaboraciones que realizamos a mi regreso a México, todas ellas relacionadas a estudios geocronológicos, nuestra afición común. Gracias Fred por tu inspiración para seguir trabajando, aún con más pasión geocronológica, en la geología del bloque laurénico mexicano. Y muchas gracias por presentarme la geología de Chihuahua, una gran desconocida para mí, pero de gran relevancia para mis investigaciones en el NW de México.

SE20-5 PLÁTICA INVITADA

PIONEERING MAPPING AND K-AR GEOCHRONOLOGIC INVESTIGATIONS IN THE GULF AND PENINSULAR CALIFORNIA REGIONS OF USA-MEXICO; THE LEGACY OF DANIEL KRUMMENACHER AND GORDON GASTIL

Kimbrough David
San Diego State University
dkimbrough@sdsu.edu

Daniel Krummenacher was a pioneer in K-Ar dating in Baja California. Following his arrival at San Diego State University in 1968, Daniel joined Gordon Gastil to initiate two major K-Ar dating projects in southern and Baja California. The work was done utilizing a new gas extraction lab established at SDSU by Krummenacher. The first project, across the northern third of the Peninsular Ranges batholith, presented more than 200 K-Ar ages. Contoured hornblende and biotite isochrons demonstrated the strongly asymmetrical west-to-east Cretaceous uplift and cooling history of this classic circum-Pacific continental margin batholith segment (Krummenacher & Gastil et al., 1975). The second project, with more than 100 K-Ar ages and accompanying whole rock chemistry, involved dating of Cenozoic volcanic rocks in the circum-Gulf of California region and relating this history to the evolving North American-Farallon-Pacific plate boundary system (Gastil, Krummenacher & Minch, 1979). The basic stratigraphic record over the past 30 m.y. of the magmatic and tectonic evolution of the Gulf of California plate margin was laid out in this paper. Extensive regional mapping efforts led by Gastil & Krummenacher were foundational to these pioneering K-Ar investigations. This mapping included the entire state of Baja California and significant parts of Sonora and Nayarit on the mainland Mexico side of the Gulf. The >1500 scientific citations to their mapping and K-Ar work reflects their deep contribution to understanding the geology of the region.

SE20-6

HERVÉ BELLON: SU LEGADO A LA GEOCRONOLOGÍA Y LA GEOLOGÍA DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA Y MÉXICO

Calmus Thierry¹, Aguillón-Robles Alfredo², Bellon Hervé³, Maury René C.⁴ y Pallares Carlos⁵

¹ERNO, Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geología, UASLP

³CNRS-UMR6538, Laboratoire Géosciences Océan, Institut Universitaire Européen de la Mer

⁴Université de Bretagne Occidentale, Brest

⁵UMR8148 GEOPS (UPS-CNRS), Université Paris-Saclay

arnithy@gmail.com

Hervé Bellon, Profesor Emérito en la Universidad de Bretaña Occidental en Brest, Francia, instaló y dirigió el Laboratorio de Geocronología K-Ar (LGUBO) en esta universidad durante aproximadamente 40 años. En este laboratorio se procesó material geológico proveniente de Francia, de los alrededores del Mediterráneo occidental, entre ellos el norte de África, de las Islas Polinesias, del Caribe, de América Central y Sur, principalmente países hacia la costa del Pacífico, así como de la península de Baja California, de Sonora, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Querétaro. En el LGUBO, se procesaron más de 10,000 muestras de roca total y de minerales ricos en K (biotita, moscovita; hornblenda, feldespatos) utilizando el método analítico que se describe en Bellon et al. (1981), utilizando las constantes de decaimiento isotópico propuesto por Steiger y Jäger (1977). De la península de Baja California, se obtuvieron más de 300 edades K-Ar de las rocas volcánicas, las cuales fueron combinadas con análisis geoquímicos de elementos mayores y traza (Aguillón-Robles, 2002; Pallares, 2007). Estos datos formaron la parte medular, junto con una cartografía a semi-detalle, de un proyecto sobre la evolución magmática post-subducción de cuatro campos volcánicos principales emplazados entre el Mioceno y el Cuaternario (Sierra Santa Clara, La Purísima, Jaraguay, San Borja), así como algunos otros centros volcánicos de la península y del Golfo de California (Bellon et al., 2006; Calmus et al., 2003; Calmus et al., 2011; Conly et al., 2005). Este volcanismo se caracteriza por la co-existencia de rocas como adakitas, andesitas magnesianas (bajaitas de Saunders et al., 1987), basaltos ricos en Nb, toleitas y rocas calco-alcalinas provenientes de varias fuentes magmáticas, lo cual sugiere la presencia de una ventana astenosférica a la vertical de la península en su posición anterior a la apertura del Golfo de California. La ventana astenosférica se interpretó en primera instancia como el resultado de la subducción de la paleo-dorsal del Pacífico este (Aguillón-Robles et al., 2001; Benoit et al., 2002). Posteriormente, se interpretó como un desgarre progresivo de la placa Pacífico debajo de la península de Baja California debido al cese de la subducción (Pallares et al., 2007; 2008;

Calmus et al., 2008). Hervé Bellon obtuvo más edades K-Ar en otras regiones de México en el marco de proyectos de investigación sobre el volcanismo y la tectónica extensional de la Sierra Madre Occidental y de la Mesa Central de México (Tristán-González et al., 2009; Aguilón-Robles et al., 2009; 2014; Aguirre-Díaz et al., 2013; Tristán-González et al., 2015; Aguilón-Robles et al., 2023). La contribución de la geocronología en el conocimiento sobre el volcanismo post-subducción en la península de Baja California y la provincia del Golfo de California durante el principio de los años 2000 fue importante. Que esta breve presentación sirva de agradecimiento de la comunidad geológica mexicana a Hervé Bellon.

SE20-7 PLÁTICA INVITADA

EL LABORATORIO DE GEOCRONOLOGÍA – K-Ar Y 40Ar-39Ar DEL CICESE

López Martínez Margarita

Depto. Geología, Div. Ciencias de la Tierra, CICESE - retirado

marlopez@cicese.mx

En 1986 fui invitada a incorporarme a la División de Ciencias de la Tierra del CICESE, con el objetivo de poner en marcha un laboratorio para fechamiento de rocas; un reto que acepté sin tener un claro conocimiento de lo que esto implicaba. La experiencia de laboratorio que adquirí en la Universidad de Toronto de 1979 a 1986, durante mis estudios de posgrado bajo la supervisión de Derek York, fue básicamente de usuario en un ambiente apoyado por técnicos muy capacitados, de ahí que pasar de usuario a responsable de laboratorio fue más complicado de lo que pude haber imaginado. Sin embargo y no obstante lo anterior, la tarea se me facilitó en gran medida gracias al apoyo y colaboración de diferentes colegas, y de particular importancia fueron las donaciones y préstamo de equipo entre lo que destaco al espectrómetro de masas MS-10. Además fue valioso contar con la confianza de los directivos del CICESE para poder realizar la compra de accesorios. El trayecto de la puesta en marcha del laboratorio fue una aventura estimulante con mucho aprendizaje. Mi licenciatura es en química, y mi posgrado estuvo enfocado mas a resolver problemas experimentales, tales como el fechamiento de komatiitas de ~3.5 Ga. En el CICESE tuve que aprender a analizar rocas mucho más jóvenes y por esta razón, la confianza que depositaron en mí los usuarios del laboratorio me impulsó a procurar un mejor entendimiento de los experimentos en rocas con características diferentes a las que estaba acostumbrada. Dadas las condiciones de trabajo en México, la colaboración interinstitucional favorece el éxito de este tipo de laboratorios. Colaboré en gran medida con investigadores de la UNAM y gracias a esto, en un proyecto CONACYT de Max Suter se incluyó la compra del espectrómetro de masas VG5400 y el láser, equipo que continúa en operación en el CICESE y con este equipo se está poniendo en marcha nuevamente el método de K-Ar. Con otro financiamiento obtenido por parte del CONACYT en el Centro de Geociencias de Juriquilla se puso en marcha el Laboratorio Interinstitucional de Argón (LIGAR) de la UNAM y el CICESE, en el cual la Dra. Teresa Orozco realiza los fechamientos 40Ar-39Ar. Y así va la geocronología K-Ar una vez concluido mi trayecto en el CICESE.

SE20-8

GEOCRONOLOGÍA DE 40Ar/39Ar HECHA EN MÉXICO: LA CONTRIBUCIÓN DE MARGARITA LÓPEZ-MARTÍNEZ

Orozco Esquivel Teresa y Ferrari Luca

Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón, Centro de Geociencias, UNAM

torozco@geociencias.unam.mx

Un paso fundamental en la madurez científica de un país es contar con las capacidades para generar datos que apoyen el avance del conocimiento. Crear y mantener un laboratorio es sin duda es una tarea que requiere conocimiento, habilidades y tenacidad, además de mucha paciencia. En Margarita López Martínez se reconocen estas aptitudes ya que fue capaz de crear y mantener el Laboratorio de Geocronología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), que por casi tres décadas fue el único en México dedicado a la geocronología de Ar-Ar, permitiendo el desarrollo de nuevas investigaciones por parte de grupos nacionales sin la "tutela" de investigadores y laboratorios extranjeros. Los datos generados en este laboratorio han contribuido al mejor entendimiento de los procesos geodinámicos de distintas provincias geológicas del país. De manera particular, datos generados por Margarita López Martínez fueron un gran aporte a diversos proyectos que hemos desarrollado en colaboración durante los últimos 20 años. Entre estos se encuentran los relacionados con el magmatismo, tectónica y evolución de la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra Madre Occidental y el bloque Jalisco, el magmatismo y la extensión cortical cenozoica en el noroeste de México y su relación con la apertura del Golfo de California, así como el magmatismo y la deformación del Cretácico-Eoceno del sur de México. Además, aportó datos geocronológicos a un estudio clave sobre las komatiitas de la Isla Gorgona y la formación de la extensa provincia ígnea del Caribe. Por otra parte, ha colaborado con diversos grupos de investigación sobre estos temas, así como en estudios del magmatismo Laramide del noroeste de México, de paleomagnetismo y de yacimientos minerales, destacando también sus colaboraciones con grupos de investigación de Estados Unidos, Irán, Australia y Colombia. Aunque este legado representa en sí una notable contribución, antes de su retiro Margarita tuvo la inquietud de preservar la experiencia acumulada en el fechamiento de rocas por el método Ar-Ar y promovió la creación del Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón CICESE-UNAM (LIGAR), que bajo su asesoría y apoyo empezó a operar en 2017 en el Centro de Geociencias de la UNAM con equipos de

última generación. En este tiempo, también impulsó el establecimiento del método de fechamiento K-Ar en el Laboratorio de Geocronología de CICESE, empleando el equipo que dejó de ser usado para el fechamiento por el método Ar-Ar. Sirva esta presentación como un reconocimiento a la labor una tenaz mujer geocronóloga y a su contribución a la Geología de México.

SE20-9

LA IMPORTANCIA DEL LABORATORIO DE GEOCRONOLOGÍA DE CICESE EN EL ENTENDIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN TECTONO-MAGMÁTICA CENOZOICA DEL OCCIDENTE DE MÉXICO

Ferrari Luca y Orozco Esquivel Teresa

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

luca@unam.mx

El laboratorio de Geocronología de CICESE establecido y conducido por tres décadas por Margarita López ha sido fundamental para el avance del conocimiento de muchas provincias geológicas de México. Sin embargo, donde quizás más han aportado los datos geocronológicos es en el entendimiento de la evolución tectono-magmática de la Sierra Madre Occidental (SMO), así como de la temporalidad del proceso de rifting que desembocó en la formación del Golfo de California. En este aspecto, la geocronología de Ar ha sido determinante para poder demostrar la extensión temprana en el rift del Golfo de California y tener una estratigrafía volcánica precisa de la SMO, tanto en estudios básicos como aplicados a la minería. Entre 2006 y 2018 llevamos a cabo un estudio regional sistemático de la margen oriental del Golfo de California, tanto en el borde de la SMO como en los bloques sumergidos en el Golfo, que fue financiado por diferentes proyectos CONACYT, PAPIIT, y UC-MexUs. En la primera parte de ese estudio las edades Ar-Ar de ignimbritas y domos nos permitieron demostrar cómo la fase inicial de la extensión se remontaba al Oligoceno tardío-Mioceno temprano, durante la fase terminal de la subducción de la placa Farallón (Ferrari et al., 2013, Geosphere). Con el establecimiento de la técnica de fechamiento por U-Pb en circones en el Laboratorio de Estudios Isotópicos del Centro de Geociencias (liderado por Luigi Solari) el fechamiento por Ar-Ar en hornblenda, biotita, feldespato y plagioclasa, aunado al fechamiento por U-Pb en circones y apatitos en rocas intrusivas, permitió llevar a cabo el primer estudio termocronológico totalmente mexicano, que confirmó un evento extensional del Mioceno temprano y medio en los bloques riftados sumergidos en el Golfo (Duque et al., 2015, GSA Bulletin). Por otro lado, el fechamiento por los dos métodos en ignimbritas de la SMO ha revelado aspectos muy interesantes sobre la petrogenesis de esta provincia. La diferencia de edades Ar-Ar y U-Pb en varias de las muestras fechadas indica que los circones cristalizaron en una fase temprana de la cámara que alimentó las ignimbritas o, más frecuentemente, son el producto de la fusión de plutones del pulso magmático inmediatamente anterior (3-5 Ma mas viejos); en casos extremos los circones son totalmente heredados. Lo anterior muestra que a pesar del mayor tiempo de espera de los resultados el fechamiento por Ar-Ar puede ser crucial para un correcto entendimiento de la estratigrafía de la SMO.

SE20-10

GEOCRONOLOGÍA DEL VOLCANISMO DURANTE LA TRANSICIÓN ARCO A RIFT EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Martín Arturo

CICESE

martin@cicese.mx

El inicio de la extensión en el noroeste de México se sobrepone con la etapa final de la subducción de las microplacas Guadalupe y Magdalena (Cocos) durante el Mioceno medio. Las edades radiométricas por el método 40Ar/39Ar obtenidas en el laboratorio de geocronología del CICESE y del CEGEO de la UNAM han contribuido significativamente a establecer la geocronología de las secuencias pre-rift y post-rift en el norte de Baja California. La actividad volcánica durante el fin de la subducción se ubica en el margen oriental de la península de Baja California (B.C.); su registro estratigráfico es continuo en el sur y discontinuo en el norte, en donde subyace a secuencias volcanoclasticas del Mioceno tardío en las localidades de Las Tinajas, Puertecitos, San Luis Gonzaga, Isla Ángel de la Guarda, Bahía de los Ángeles y la sierra de San Francisco (Santa Teresa). La secuencia pre-rift se compone principalmente de depósitos piroclásticos y epiclásticos, domos y flujos lava de composición dacítica predominante, con edades de entre 17 y <13 Ma. En varias localidades, las rocas pre-rift sobreyacen a arcosas y conglomerados pre-volcánicos, que localmente contienen tobas delgadas del Mioceno temprano (ca 23 Ma), interpretadas como depósitos distales de flujos piroclásticos procedentes de la Sierra Madre Occidental y/o el margen de Sonora. Depósitos volcánicos de extensión regional, como la Toba de San Felipe de ca. ~12 Ma (c.f Stock et al., 1999) marcan un cambio reconocible en el estilo eruptivo y en la diversificación de la composición geoquímica del volcanismo en el norte de Baja California. También acotan el inicio de la extensión y el cambio a la deformación transtensional que caracteriza el rift actual. Este cambio se manifiesta con la aparición de fallas de bajo ángulo en segmentos estructuralmente conectados por fallas de desplazamiento lateral y oblicuo que producen la rotación de bloques riftados. Las edades de enfriamiento y/o de erupción (40Ar/39Ar) indican que este cambio ocurrió durante el periodo entre 8 y 7 Ma en los márgenes de las cuencas Tiburón y Delfín. La

actividad volcánica durante el Plio-Pleistoceno ocurre principalmente en la zona axial de las cuencas Delfín y en el Canal de Ballenas con magmas diferenciados principalmente por la asimilación de corteza granítica. La continuidad y expansión de laboratorios de fechamiento isotópico de rocas es indispensable para profundizar nuestro conocimiento de los procesos tectonomagmáticos que tienen profundas implicaciones económicas, ambientales y sociales en México.

SE20-11

PETER SCHAAF, 30 AÑOS DE GEOCRONOLOGÍA EN MÉXICO

Hernández Treviño J. Teodoro, Sosa-Ceballos Giovanni y Arrieta García Gerardo

Instituto de Geofísica, UNAM

tht@geofisica.unam.mx

A principios de los años 90 se planea la integración de un laboratorio multidisciplinario que resolviera las preguntas petrogenéticas y tectonomagmáticas que surgían de los estudios derivados de las nuevas ideas de los Terrenos tectonoestratigráficos en México. De esta idea nace en la UNAM el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS). En el año de 1993 se integra al proyecto del LUGIS el Dr. Peter Schaaf, egresado de la Universidad de Múnich, con el objetivo de poner en funcionamiento el laboratorio. En el año de 1994 lo nombran responsable del LUGIS por su experiencia y especialización en geoquímica isotópica y geocronología. Tratando de implementar nuevas disciplinas, en 1996 pone en marcha el Laboratorio de Termoluminiscencia para fechamientos de muestras geológicas y arqueológicas. Actualmente, el Dr. Peter Schaaf es investigador Titular C del Departamento de Geomagnetismo y Exploración del Instituto de Geofísica de la UNAM. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con nivel III y PRIDE nivel D. Desde 2022 es Investigador Emérito de SNI. Su línea de investigación la dedicó a estudios de paleotectónica de México, petrología de rocas ígneas y metamórficas, geocronología por los métodos Rb-Sr, Sm-Nd y U-Pb. Otra línea importante en la que impactó, fue la aplicación de la isotopía de Sr, incluyendo una novedosa técnica de lixiviado en muestras arqueológicas para estudios de migración humana. Esta técnica le permitió ser colaborador como coautor en 3 libros. Fue editor en jefe de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas en el periodo 2015-2022, es autor y coautor de 83 publicaciones en revistas arbitradas (72 del SCI, teniendo #3500 citas). Es profesor en el Posgrado en Ciencias de la Tierra-UNAM, fue director de tesis de 9 alumnos de licenciatura, 14 de maestría y 5 de doctorado. Fue docente de larga estancia del Servicio de Intercambio Académico Alemán (DAAD; 1993-1998) El estudio isotópico y geocronológico de las rocas plutónicas en México le permitieron hacer estudios en casi toda la margen circunpaciífica de México. Algunos de sus estudios más importantes son: la geología de las Islas Marias, El Batolito de Chiapas, las rocas cristalinas del Bloque Jalisco y el Bloque de los Cabos. También hizo investigaciones petrogenéticas de los grandes estratovolcanes de la Faja Volcánica Transmexicana. El Dr. Peter Schaaf realizó innumerables colaboraciones con investigadores de otras universidades e instituciones. Como líder del LUGIS participó y motivó la organización de tres importantes eventos científicos en México: a) Simposio: "50 ± 1 # años de Geocronología en México" (2011). b) 10th SSAGI South American Symposium on Isotope Geology "LATIN AMERICA" Puerto Vallarta México (2016) c) Simposio: 25 aniversario LUGIS Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (2020) La colaboración del Dr. Peter Schaaf en el entendimiento de la evolución geológica mexicana en los últimos 30 años es fundamental por sus aportaciones científicas, analíticas y de infraestructura para resolver los distintos problemas petrogenéticos, tectonomagmáticos de las distintas provincias pétreas mexicanas.

SE20-12

LA INFLUENCIA DEL LUGIS EN EL AVANCE DEL CONOCIMIENTO GEOCRONOLÓGICO Y GEOLÓGICO DEL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Pérez-Venzor José Antonio¹, Schaaf Peter², Delgado Argote Luis Alberto³, Camarena Vazquez Jesus Guillermo⁴ y Cazares Moreno Alexandra Daniela⁴¹Universidad Autónoma de Baja California Sur²UNAM Instituto de Geofísica³CICESE⁴UABCS

jperez@uabcs.mx

Los trabajos de geoquímica y geocronología realizados por personal del LUGIS y un servidor en el CPLP datan desde 1995, el objetivo fue un muestreo regional para fechamientos de minerales (Bi, Ms, Gte, FeK y roca total) con los métodos de Rb-Sr, y Sm-Nd. Los resultados de este trabajo fueron publicados en 2000 en un artículo pionero. El trabajo de campo y los resultados geoquímicos permitieron determinar que el CPLP presenta dos firmas geoquímicas de arcos magmáticos uno de afinidad oceánica representado por los gabros y tonalitas deformadas con edades de 130 a 116 Ma y otro es dominado por tonalitas y granodioritas sin deformación penetrativa, con edades entre 90 y 60 Ma. En general ambos arcos son de carácter calcoalcalino. Posteriormente una tesis de doctorado en el BOBLC, permitió establecer las fases y edades magmática con apoyo de la cartografía a semidetalle. Ambos aspectos permitieron comprobar lo reportado previamente para el CPLP, los resultados obtenidos en el BOBLC indican que este representa parte de un arco magmático desarrollado en un borde continental que migro y fue emplazado en una

secuencia de rocas metasedimentarias, actualmente están representadas por tres complejos metamórficos. trabajos posteriores de una tesis de maestría (2015) de geoquímica en las rocas metamórficas y otra en el año 2019 en las rocas plutónicas del bloque de la Trinidad, permitieron establecer edades máximas de depósito, procedencia y caracterizar el bloque de la Trinidad (al oriente del CPLP) para compararlo con el sistema montañoso central, a partir del año 2020 el desarrollo de un proyecto grupal ha permitido obtener información geoquímica y geocronológica así como desarrollar una tesis doctoral, 2022, otra de maestría (en proceso) y otra de licenciatura (en proceso). El trabajo expone los alcances geoquímicos obtenidos a la fecha intercalados con las relatorias o experiencias de campo con personal del LUGIS liderados por Peter Schaaf, adoptado por la UNAM Instituto, de Geofísica y actualmente más mexicano que muchos.

SE20-13

GEOCRONOLOGÍA U-Pb EN ZIRCONES, DESDE LA TÉCNICA ID-TIMS (WAYNE R. PREMO) HASTA EL SHRIMP-RG (JOSEPH L. WOODEN): CONTRIBUCIONES DESDE EL U.S. GEOLOGICAL SURVEY A LA GEOLOGÍA DE MÉXICO

Iriando Alexander

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

iriondo@geociencias.unam.mx

Los investigadores del U.S. Geological Survey (USGS) han hecho grandes contribuciones a la geología de México desde muchos aspectos geológicos y geofísicos. El acercamiento geocronológico, principalmente a partir de fechamientos U-Pb y Ar-Ar, ha sido fundamental para encuadrar nuestro registro geológico en el contexto tectónico. En mi experiencia personal, me gustaría destacar la contribución de Wayne R. Premo en el fechamiento U-Pb en zircones de una veintena de rocas precámbricas granítico-gneísis de la zona de Quitovac en el NW de Sonora mediante la técnica ID-TIMS (isotope dilution thermal ionization mass spectrometry). Estos estudios geocronológicos permitieron poner a prueba, a nivel local, la existencia de la controvertida Megacizalla Mojave-Sonora (MMS). Estos trabajos ayudaron a reactivar el interés de la geología del NW de México, región esta que, al día de hoy, tiene un alto grado de entendimiento de sus eventos geológicos, incluso mayor del que existe para la geología del SW de Arizona, USA. De la mano de Wayne, a finales del 2001, accedimos a los nuevos equipos SHRIMP-RG (sensitive high-resolution ion microprobe-reverse geometry) instalados en la Universidad de Stanford en colaboración con el USGS y supervisados por Joseph L. Wooden, ahora ya jubilado del USGS. Las capacidades de esta sonda iónica nos permitieron mejorar nuestros fechamientos U-Pb de zircones, sobre todo de las muestras que fueron complicadas de fechar por el método tradicional de ID-TIMS, por presentar dificultades por la presencia de herencia, Pb común o pérdida de Pb en sus zircones. Con este equipo se han fechado un centenar de rocas de diferentes lugares de México y de los que se han aprovechado un buen número de investigadores como Jon Nourse, Barney Poole, María Fernanda Campa, Bodo Weber, Tim Lawton, Fernando Ortega, Roberto Molina, Francisco Paz, Saúl Herrera, Martín Valencia, Ricardo Vega y un servidor, por citar solo algunos. Este flujo de determinaciones geocronológicas U-Pb mediante SHRIMP-RG fue reduciéndose a medida que el método de ablación láser (ICP-MS), por su fácil disponibilidad y bajo costo, fue tomando mayor protagonismo en México de la mano de LaserChron (Universidad de Arizona) y del LEI (UNAM-Juriquilla). En esta plática aprovecharé para mostrar unos datos recientes de U-Pb en zircones obtenidos en el LEI (UNAM-Juriquilla) mediante un sistema de ablación láser conectado a un Q-ICP-MS de muestras precámbricas de la zona de Quitovac que ilustran la importancia de entender que los métodos isotópicos mejoran y permiten la obtención de datos más precisos (y exactos), que nos obligan a cambiar incluso nuestras propias interpretaciones geológicas ya publicadas. Muchas gracias Wayne y Joe. Ha sido estupendo y muy enriquecedor aprender de ustedes.

SE20-14

MICHAEL J. KUNK, SUS CONTRIBUCIONES GEOCRONOLÓGICAS A LA GEOLOGÍA DE MÉXICO DESDE EL LABORATORIO DE TERMOCRONOLOGÍA Ar-Ar DEL U.S. GEOLOGICAL SURVEY, DENVER-RESTON

Iriando Alexander

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

iriondo@geociencias.unam.mx

Yo comencé mi andadura geocronológica en Ar-Ar de la mano y bajo la supervisión de William McIntosh en el New Mexico Geochronology Research Laboratory en Socorro, Nuevo México. Bill me abrió las puertas de su laboratorio en los primeros estadios de mis investigaciones doctorales realizadas en la zona de Quitovac, en el NW de Sonora. Estos estudios preliminares ayudaron a crear interés en la zona de estudio y me abrieron las puertas de otros laboratorios, en particular en el U.S. Geological Survey (USGS) de Denver, Colorado. También es importante mencionar que Bill proporcionó un número considerable de datos geocronológicos Ar-Ar a varios grupos de investigadores mexicanos, principalmente vulcanólogos. Michael J. Kunk, del Laboratorio de Termocronología Ar-Ar del USGS, mostró interés en ayudarme con mis necesidades de fechamientos adicionales de Ar-Ar para realizar correlaciones geológicas de carácter más regional en el NW de Sonora. Él se convirtió en uno de mis asesores de tesis y, poco a

poco, me fue involucrando más en las actividades de su laboratorio incluido la separación mineral, el análisis espectrométrico, la reducción de datos y, lo que considero aún más valioso, las interpretaciones geológicas realizadas a partir de esos números arrojados por los espectrómetros. El laboratorio de Mick tenía un output de más de ~350 muestras anuales, por lo que me tocaba participar en discusiones muy interesantes y enriquecedoras sobre una gran variedad de datos isotópicos. Tuvimos la fortuna en México de que un número considerable de esos fechamientos anuales eran realizados en rocas mexicanas. Mick ha generado varios cientos de fechamientos Ar-Ar para ayudar a resolver muchas preguntas geológicas desde pulsos magmáticos (plutónicos y volcánicos), eventos metamórficos y de deformación y, por supuesto, de una gran variedad de yacimientos minerales de México. Varias docenas de investigadores y profesores de casi todas las instituciones universitarias y gubernamentales de México se han beneficiado de sus esfuerzos geocronológicos. Muchos datos siguen sin publicarse, otros han quedado plasmados en numerosas tesis de licenciatura y posgrado y, por supuesto, muchos otros han quedado incorporados en publicaciones científicas nacionales e internacionales y reportes técnicos. Este último aspecto es muy importante a destacar, ya que Mick estableció, desde el USGS, una estrecha colaboración con el Servicio Geológico Mexicano (SGM), anteriormente llamado Consejo de Recursos Minerales (COREMI), donde se firmaron acuerdos bilaterales de colaboración para realizar muchas docenas de fechamientos plasmados en tres de los llamados USGS Open File series. En su laboratorio también auspició fechamientos Ar-Ar para compañías mineras explorando en México para Au-Ag y metales base. Gracias Mick por la oportunidad brindada y por tus enseñanzas cuidadosas y tu confianza y amistad. I always remember your phrase: "Garbage in-garbage out" when dealing with mineral separates to be dated for Ar-Ar geochronology ¡Disfruta de tu jubilación amigo!

SE20-15 CARTEL

GORDON GASTIL Y SU LEGADO EN LA GEOLOGÍA DE BAJA CALIFORNIA: EL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR

Contreras López Manuel¹, Delgado Argote Luis Alberto², Weber Bodo²,
Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe³ y Ávila Ortiz Nina Adhara Elena²

¹Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

³Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS

mcontreras@igefisica.unam.mx

R. Gordon Gastil (1928-2012), profesor emérito de la Universidad Estatal de San Diego (SDSU), fue un reconocido geólogo que realizó una admirable labor de cartografía geológica a lo largo de márgenes convergentes. Destacan sus trabajos fundamentales sobre la geología de reconocimiento de Baja California (1975) y la estratigrafía prebatolítica de la península de Baja California (1993). Estas contribuciones sentaron las bases para comprender la evolución tectonomagmática mesozoica del NW de México. Dentro de las técnicas de geocronología utilizadas por Gastil y colaboradores, resaltan edades de enfriamiento K-Ar y Rb-Sr, edades de cristalización U-Pb en zircones y edades máximas de depósito en zircones detríticos. De los trabajos pioneros de Gastil y colegas se desprende la división clásica del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) en tres eventos: rocas prebatolíticas, batolíticas y postbatolíticas. En esta contribución nos centraremos en las rocas prebatolíticas y batolíticas de dicha provincia geológica. Se presentará un esquema de la distribución y temporalidad de estas unidades desde los trabajos clásicos de Gastil hasta la fecha. Durante los últimos 20 años, investigaciones realizadas en CICESE y lideradas por Luis A. Delgado Argote, han aportado aproximadamente 42 edades nuevas en el segmento sur del CBP: veinticuatro edades de cristalización U-Pb en zircones en rocas plutónicas, cinco en rocas metamórficas de protolitos ígneos, nueve edades máximas de depósito en zircones detríticos en protolitos sedimentarios y cuatro edades de metamorfismo por el método Sm-Nd en alícuotas de granate y roca total. La recopilación de edades U-Pb en el CBP define un rango de magmatismo de subducción continuo entre 170 y 80 Ma, contemporáneo con las actividades de otros batolitos mesozoicos en el NW de México (Bloque de Los Cabos, Batolito de Puerto Vallarta, Complejo Sonobari y la región de Mazatlán). Además, las edades Sm-Nd proporcionan evidencia de cuatro eventos metamórficos de formación de granates de aproximadamente 105, 114, 160 y 214 Ma, la última corresponde con la edad metamórfica más antigua obtenida en rocas de la península de Baja California.

SE20-16 CARTEL

EL ING. JOSÉ GREGORIO SOLORIO MUNGUÍA, EL PIONERO EN LA SEPARACIÓN DE MINERALES (ZIRCONES) PARA ESTUDIOS DE GEOCRONOLOGÍA EN MÉXICO

Iriondo Alexander

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

iriondo@geociencias.unam.mx

El Ing. José Gregorio Solorio Munguía fue un incansable investigador que culminó su carrera en el Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fue parte fundamental del Laboratorio Fries de Geocronometría del Instituto de Geología en Ciudad Universitaria donde se realizaron los primeros fechamientos de rocas en laboratorios mexicanos. La labor del Ing. Solorio era la separación de zircones para su utilización en la ya obsoleta técnica de Pb-alfa, también conocida

como la técnica Larsen. Se recolectaban muestras enormes de roca, de más de 150 kg, para poder separar suficientes zircones para poder hacer las mediciones de actividad alfa (mg-hr) y las determinaciones de Pb (ppm) para obtener las edades Pb alfa en millones de años. La calidad de sus separados de zircones siempre ha sido impecable, incluso en sus últimos años de vida, ya con una edad muy avanzada (>90 años). A pesar de su desconfianza inicial, el Ing. Solorio estableció una bonita relación conmigo en la que compartió algunas cosas de esos años trepidantes donde se realizaron los primeros fechamientos de roca en un laboratorio mexicano. De hecho, me heredó separatas originales de las publicaciones en las que él estuvo involucrado. Es más, me proporcionó alícuotas de zircones de una veintena de las muestras mencionadas en esas publicaciones. Esos zircones ya han sido montados y caracterizados, incluyendo catodoluminiscencia, para realizar nuevos estudios U-Pb utilizando métodos más modernos como la ablación láser conectada a un ICP-MS. Él fue consciente de que estábamos preparando las muestras para futuros fechamientos y eso le daba mucho placer. Esperamos no tardarnos para realizar estos fechamientos y honrar a este incansable trabajador que fue pionero y referente nacional en la separación de minerales para estudios geocronológicos de nuestro preciado registro geológico mexicano. Carl Fries Jr., Zoltan de Csérna, César Rincón-Orta, Eduardo Schmitter-Villada, Carmen J. Schlaepfer y Harold Westley fueron sus principales colaboradores con los que trabajó y publicó en revistas nacionales, en los 60' y 70', un número considerable de los fechamientos Pb-alfa obtenidos en el Laboratorio Fries.

Sesión especial

INSTRUMENTACIÓN Y PROTOCOLOS DE ADQUISICIÓN EN GEOFÍSICA

Organizadores

Armando Carrillo Vargas
David Escobedo Zenil
Gerardo Cifuentes Nava
Xóchitl Flores Soto

SE21-1

RED DE MONITOREO GEOFÍSICO Y AMBIENTAL DEL VOLCÁN PICO DE ORIZABA

Torres Orozco Rafael¹, Córdoba Montiel Francisco¹, Sieron Katrin¹, Welsh Rodríguez Carlos Manuel¹, Iglesias Mendoza Arturo², Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Mendoza Carvajal Antonio de Jesús² y Capra Pedol Lucía³

¹Universidad Veracruzana, UV²Servicio Sismológico Nacional, UNAM³Centro de Geociencias, UNAM

rafortres@uv.mx

Los retos actuales en los proyectos de geociencias es la interdisciplinariedad y fortalecer la comunicación de diferentes disciplinas con una óptica de cooperación para alcanzar metas y objetivos con fines de investigación básica y aplicada, en ese sentido nace el proyecto financiado por CONAHCYT en un sitio estratégico de alto valor científico, ambiental e histórico el volcán Citlaltépetl, comúnmente conocido como Pico de Orizaba, El Pico de Orizaba es un volcán activo en estado de quietud, considerado uno de los 10 volcanes más peligrosos de México dado que >300,000 personas habitan a <25 km de distancia del cráter. La cima de este volcán, además, contiene la cubierta del último glaciar tropical-volcánico de América, de cuya existencia depende la disponibilidad de agua en la región y cuya dinámica alimenta procesos de remoción en masa diversos. El objetivo de este proyecto es implementar una red de sensores geofísicos distribuidos en ocho estaciones sobre el edificio volcánico del Pico de Orizaba para habilitar un sistema de monitoreo, registro remoto y transferencia de datos y video en tiempo real de la actividad sísmica vulcano-tectónica y regional, de la actividad eruptiva durante una eventual reactivación, de fenómenos de remoción en masa (lahares, derrumbes y deslizamientos), de fenómenos hidrometeorológicos estacionales (lluvias, nevadas, caídas de granizo, vientos y tormentas) y de incendios forestales en media y alta montaña. La misión de esta red es coadyuvar en el manejo y la gestión integral del riesgo en el volcán en los estados de Veracruz y Puebla. La red es administrada por el Observatorio Sismológico y Vulcanológico del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana, en colaboración con el Instituto de Geofísica, Servicio Sismológico Nacional, Centro de Geociencias y CENAPRED, UNAM; así como con el INECOL, Tecnológico de Xalapa y la iniciativa privada Orizabeña. A la fecha, se tienen habilitadas y/o avanzadas cinco de las ocho estaciones, cubriendo los flancos norte y sur del edificio, y se espera terminar el año 2023 con la habilitación del resto de estaciones en los sectores oriente y occidente, así como con la transmisión de video en tiempo real por primera vez en la historia de este volcán.

SE21-2

EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES CON SENSORES SÍSMICOS DE “RELATIVO” BAJO COSTO - ¿SON ÚTILES?

Valdés González Carlos Miguel y Espitia Sánchez Germán
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
carlos.valdes@unam.mx

Conocer el período fundamental de vibración, es un elemento útil, para determinar el estado de salud de un inmueble. De acuerdo con el INEGI en 2020, en la Ciudad de México había 2,756,319 viviendas particulares habitadas, y en todo el país unas 35,219,141. ¿Cuántos de estos inmuebles están sísmicamente instrumentados? Hay que considerar que 500, creo que sería muchos. Este número representaría el 0.00018% de los inmuebles de la CdMX. En un edificio de 20 pisos en el Sur de la CdMX, construido en 1979, se instaló, en el piso 16, un sensor triaxial de relativo “bajo costo”, de registro continuo. El sismómetro ha operado desde enero del presente año, permitiendo registrar en las tres componentes los sismos de: Turquía y Siria de M7.8 del 6 de febrero, el de la CdMX de M3 del 10 de mayo, el de Chiapas de M6.5 del 14 de julio y el de Guerrero de M5.5 del 16 de julio del presente año. El rango de distancias epicentrales de estos cuatro sismos, al sensor sísmico, es de 4.8 a 12,240 Km. La amplitud máxima registrada corresponde a la componente N-S, para el sismo de la CdMX, correspondiendo a 0.004 m/s. El espectro de amplitud

de estas señales, indica la máxima amplitud en las componentes horizontales es de 1.43 a 1.5 s, con excepción del sismo de Guerrero, que muestra un valor de 1.8 s. El Atlas Nacional de Riesgos, ubica el inmueble evaluado, en la Zona Sísmica I, correspondiente a terreno duro, pues en efecto la estructura fue desplantada en terreno del Pedregal. Usando el Programa Z (Ordaz y otros, 1998), observamos que el espectro de aceleración, para sismos como el del 85, y otros más cercanos, para el sitio del inmueble, presentan una amplificación de entre 100 y 120 gales en el rango de los períodos pico observados en el edificio. Indicando que el edificio está fuera de las grandes amplificaciones. El costo de un sensor de este tipo es aproximadamente 0.6% del valor promedio del departamento, y son 80 departamentos por edificio en un complejo de 5 torres. Un costo beneficio muy importante, considerando que este tipo de análisis nos podría indicar si hay algún cambio estructural con el tiempo, o por ejemplo después de un sismo importante. Es útil recordar que peso invertido en la prevención, nos ahorra entre 8 y 15 pesos en la atención de emergencias.

SE21-3

CLUSTER DE SUPERCÓMPUTO PARA PROCESAMIENTO DE DATOS GEOFÍSICOS USANDO RASPBERRY'S

Ibarra Ortega Héctor Enrique¹, Acebo Arciniega Brenda Adanely², Rodríguez Trejo Alejandro¹ y Bönnel Harald¹

¹Centro de Geociencias, UNAM²Escuela Nacional de Estudios Superiores - UNAM, Campus Juriquilla
hector.ibarra@geociencias.unam.mx

El computo en paralelo es utilizado para procesar datos a mayor velocidad que una computadora personal. En geofísica obtenemos una gran cantidad de datos que deben ser procesados a alta velocidad si se quiere por ejemplo: presentarlos en tiempo real. Una supercomputadora o computadora de alto rendimiento implican un alto costo dependiendo de su capacidad estando solo al alcance de empresas o algunas universidades. Las placas Raspberry Pi son una serie de computadoras de placa simple (Single Board Computer) que ganado popularidad en los últimos años. Desarrolladas originalmente como una computadora de bajo costo para la enseñanza en las escuelas. Funcionan con un sistema operativo de código abierto, oficialmente una versión adaptada de Devian, aunque hay diversos sistemas operativos dependiendo de la aplicación que se les de. Contando con una serie de puertos de entrada y salida: puertos USB, UART's, I2C, SPI, etc. Su bajo costo permite adquirir varias placas y conectarlas de manera que se puede acceder a una computadora lo suficientemente poderosa dependiendo de sus necesidades y presupuesto. Aunque la UNAM cuento con varias supercomputadoras, el construir un cluster usando Raspberry's es una oportunidad para los estudiantes de aprender electrónica, programación y acercarse al software libre como Linux. En este trabajo mostramos los avances que hemos hecho en la construcción de un cluster de supercomputo utilizando Raspberry's para procesamiento de datos geofísicos y modelación del campo magnético.

SE21-4

ESTACIÓN TERRENA MÓVIL PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE SENSORES REMOTOS

Silva-Martínez Carlos Andrei¹, Ramírez-López Fabián², Yáñez-Casas Gabriela Aurora², Hernández-Gómez Jorge Javier¹, Arredondo-Vilchis Uriel¹, Pablo-Sotelo Abraham de Jesús², Sánchez-Cabadas Daniel Lemuel² y Enríquez-Gaytán Jesús²

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Física y Matemáticas²Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas³Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial⁴Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco
csilvam1900@alumno.ipn.mx

En Ciencias de la Tierra, es común sino que imperiosa la necesidad de utilizar sensores remotos para obtener datos necesarios para la investigación en distintas áreas. La solución más básica es que los sensores remotos registren los datos in situ, para que los investigadores los recopilen cada cierto tiempo de forma presencial.

Otras soluciones, a menudo prohibitivas, es que utilicen conexiones satelitales remotas para el envío de datos en tiempo real. En este trabajo, se presenta el desarrollo de una estación terrena móvil que sea de bajo peso y consumo eléctrico, que permita establecer enlaces de comunicaciones inalámbricos con un conjunto de sensores remotos ubicados en una región, misma que permita realizar a ella la descarga de datos provenientes de los sensores y que a su vez permita procesarlos y retransmitirlos a un centro de comandos fijo. El prototipo podrá adquirir movilidad al colocarse en un vehículo aéreo no tripulado (dron) o algún otro medio de utilidad para los investigadores, como un vehículo terrestre no tripulado, pudiendo relocalizarse fácilmente para garantizar una mayor área de cobertura según lo requerido. Esta estación terrena posee dos enlaces de comunicaciones, uno de alta frecuencia para comunicarse con el centro de comando fijo, y uno que funciona bajo los parámetros de una red inalámbrica de baja potencia; esta última permite a la estación terrena móvil recibir la información de una red de sensores remotos, reprocesarla y retransmitirla en tiempo real.

SE21-5

LA RED DE MONITOREO AMBIENTAL Y DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE QUERÉTARO: DESARROLLO TECNOLÓGICO Y AVANCES

Rodríguez Trejo Alejandro, Ibarra Ortega Héctor
Enrique, Böhnell Harald y Escalante González Jorge
Centro de Geociencias, UNAM
alexrt@geociencias.unam.mx

El estudio del impacto de la actividad antropogénica en las condiciones ambientales y contaminación de las áreas urbanas es uno de los temas más importantes a nivel mundial actualmente. La actividad humana en áreas urbanas, como la comercial, industrial, de tránsito, escolar y muchas otras, representa un impacto directo en las condiciones ambientales y contaminación que influyen directamente en los problemas sociales y de salud de la población. Para este trabajo se desarrolló un dispositivo para el monitoreo en tiempo real de diferentes condiciones ambientales para áreas urbanas: Estación de Monitoreo Geo Ambiental (EMGA), que integra diferentes sensores de bajo costo y una plataforma web de procesamiento en tiempo real, para almacenamiento y visualización de las condiciones ambientales. EMGA incluye sensores atmosféricos para medir material particulado (PM_{2.5}, PM_{1.0} y PM₁₀), temperatura (°C), presión atmosférica y humedad relativa; ruido (dB), radiación ultravioleta, variaciones del campo magnético terrestre. Las EMGA pueden medir estos 9 parámetros diferentes y transmitirlos a través de Wi-Fi a una plataforma para su procesamiento, almacenamiento y visualización en tiempo real. Los datos son de acceso gratuito y abierto para toda la sociedad a través de Internet. Se ha instalado una red en la ciudad de Querétaro, México, siendo una ciudad de cerca 1 millón de habitantes, rodeada de una intensa actividad industrial y de tránsito de mercancías. Se presentan resultados iniciales y sobre el establecimiento de la red de monitoreo con el sistema EMGA. Con los datos recopilados por la red EMGA, en combinación con otros parámetros, como micro sismicidad, susceptibilidad magnética, dirección del viento, etc., se desarrolla un modelo de variación de las condiciones ambientales y de contaminación en áreas urbanas, así como del impacto antropogénico en el medio ambiente. La propia red y el modelo son capaces de ser monitoreados y adaptados a las condiciones climáticas a lo largo del tiempo en los cambios de estación y de actividad humana. La red EMGA está planificada para ser un sistema de monitoreo permanente de muy bajo costo y accesible a la sociedad, gobiernos y empresas privadas para pequeñas y grandes ciudades.

SE21-6

DISEÑO DEL PROTOCOLO DEL OBSERVATORIO MAGNÉTICO DE TEOLOYUCAN PARA LA CERTIFICACIÓN ISO 9001

Caccavari-Garza Ana¹, Cifuentes-Nava Gerardo¹, Hernández-Quintero Juan Esteban¹, Carrillo-Vargas Armando¹, Sandoval Quintana Osiris¹, Flores-Soto Xóchitl¹ y Maroun González Nagibe²

¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Posgrado en Ingeniería en Exploración y Explotación de Recursos Naturales, UNAM
³Facultad de Ingeniería, UNAM
anacg@igeofisica.unam.mx

La Norma ISO 9001, de gestión de calidad, proporciona las herramientas necesarias para la mejora continua, que redunde en la operación funcional ajustada a un estándar de calidad mundialmente reconocido. Certificarse bajo esta norma, implica ventajas tales como la eficiencia operativa y el desarrollo de una cultura de mejora permanente. Bajo estos criterios, y buscando generar siempre datos de alta calidad, se optimizó la operación del único observatorio magnético operando actualmente en México: el Observatorio Magnético de Teoloyucan, ubicado en el Estado de México (a cargo del Servicio Magnético del Instituto de Geofísica de la UNAM). En este trabajo se presenta el procedimiento que se lleva a cabo para realizar el despliegue de datos geomagnéticos registrados en el Observatorio, en la página web del Servicio Magnético. Se describen las diferentes plataformas de adquisición, transmisión, reducción, administración y publicación de datos, y se presenta el análisis realizado para la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad de este procedimiento; así como sus ventajas, desventajas y retos a través de su implementación.

SE21-7

UNA VALORACIÓN PRÁCTICA DEL USO DE LOS MÉTODOS E INSTRUMENTOS GEOFÍSICOS DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, MAGNETOMETRÍA, Y GRAVIMETRÍA EN ZONAS KÁRSTICAS

Hernández Quintero Juan Esteban¹, Cifuentes-Nava Gerardo¹, Chávez-Segura René Efraín², Arzate Flores Jorge Arturo³, Caccavari-Garza Ana Luz² y Flores-Soto Xóchitl⁴

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
³Centro de Geociencias, UNAM
⁴Posgrado en Ingeniería en Exploración y Explotación de Recursos Naturales, UNAM
estebanh@geofisica.unam.mx

En las primeras etapas de planeación en cualquier proyecto de exploración geofísica, un aspecto fundamental consiste en el escenario geológico a estudiar. Existen en México, varias zonas conocidas como kársticas, que se caracterizan por su composición de rocas calizas, y dolomías principalmente, las cuales están sujetas a la disolución por agua, creando escenarios de riesgo por hundimientos, colapsos, socavones, y subsidencia en zonas urbanas. Se presentan tres ejemplos en donde se evalúa la pertinencia del método geofísico utilizado en una zona con kársticidad; dos estudios aplicados previos a la construcción de obra civil mediante prospección magnética en Xpu-Ha, Quintana Roo; así como prospección gravimétrica en Freeport, Bahamas; adicionalmente, un tercer ejemplo mediante Tomografía de Resistividad Eléctrica utilizada en la zona arqueológica de Chichén Itzá, Yucatán. Se presentan las ventajas y desventajas de los diversos métodos geofísicos utilizados en estas zonas, considerando la geometría, la extensión, y la profundidad objetivo de cada ejemplo. Se aborda la idea de la utilidad de los métodos geofísicos como herramientas para mitigar el riesgo en zonas de alta vulnerabilidad.

SE21-8

EL CAMPO DE PRUEBAS GEOFÍSICAS DEL OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO DE TEOLOYUCAN (CAPTEO): UNA ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO DE TÉCNICAS DE CAMPO, PRUEBA DE INSTRUMENTOS, Y HERRAMIENTA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Rosado-Fuentes Alejandro¹, Hernández-Quintero Juan Esteban², Arciniega-Ceballos Alejandra³, Arango-Galván Claudia¹, Salas-Correa José Luis³ y Mendo-Pérez Gerardo¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
arosadof@ciencias.unam.mx

El Campo de Pruebas Geofísicas del Observatorio Geomagnético de Teoloyucan (CaPTEO) del Instituto de Geofísica de la UNAM, representa un recurso de enseñanza-aprendizaje con un alto grado de control aplicable a varios objetivos. Desde su diseño y construcción (2015-2016), el CaPTEO ha sido objeto de tres principales aplicaciones: (1) la caracterización geofísica del espacio utilizado enfocado a aplicaciones arqueológicas, y de ingeniería civil; (2) la capacitación en prácticas profesionales aplicando los métodos geofísicos de exploración somera, tales como prospección eléctrica en su modalidad capacitiva y galvánica; prospección magnetométrica; exploración con radar de penetración terrestre (GPR); prospección sísmica en su modalidad de tomografía entre otras; y (3) Evaluación de técnicas de campo novedosas, o procesamiento de datos bajo condiciones bien controladas, o bien la evaluación de funcionamiento de equipo geofísico de diversa índole. Actualmente, este tipo de herramientas nos brindan un gran potencial atendiendo a otros aspectos tales como los efectos de la pandemia (2020-2022), o la inseguridad. En el presente trabajo, se expone una evaluación reflexiva de las ventajas que tiene un campo de pruebas geofísicas expuestas desde estas tres directrices.

SE21-9

INSTRUMENTACIÓN PARA DETERMINAR PARÁMETROS FÍSICOS-AMBIENTALES EN PATRIMONIO CULTURAL ARQUEOLÓGICO, CASO DE ESTUDIO: CHICHÉN ITZÁ, MÉXICO

Flores Soto Xóchitl¹, Carrillo Vargas Armando², Cifuentes Nava Gerardo³, Hernández Quintero Juan Esteban⁴, Caccavari Garza Ana Luz⁵, Sandoval Quintana Osiris⁶, Argote Espino Denisse⁷, Santos Ramírez Marco Antonio⁸, Juárez Rodríguez Octavio⁹, Antonio Pérez Lenin¹⁰ y Arzate Flores Jorge Arturo¹¹

¹Posgrado en Ingeniería en Exploración y Explotación de Recursos Naturales, UNAM

²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴INAH

⁵Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

⁶Centro de Geociencias, UNAM

⁷xfloresoto@gmail.com

La instrumentación se considera como el conjunto de tecnologías a partir de las cuales, se miden parámetros físicos, químicos o ambientales principalmente en áreas naturales en conjunto con grupos constructivos de interés prehispánico. La información obtenida, genera criterios de evaluación, formas de monitoreo, e inclusive selección de parámetros complementarios del mismo patrimonio. En el caso del campo de estudio de la arqueología, la instrumentación de estructuras y monumentos ha sido muy importante en las últimas décadas para evaluar su estado físico, mismo que ayuda en el presente y en la planeación a futuro de medidas, normas o criterios que tengan que ver con la preservación del patrimonio cultural. A su vez mediciones como las ambientales pueden contribuir a la toma de decisiones que tienen que ver con la seguridad tanto del capital humano local, como son los propios trabajadores de la zona, como de los visitantes. En el presente trabajo se muestra la reciente campaña llevada a cabo por personal del Instituto de Geofísica en colaboración con personal del INAH, bajo el apoyo y supervisión de la dirección de la Zona Arqueológica de Chichén Itzá, en donde se implementaron diferentes técnicas geofísicas y ambientales en varios sitios de interés. Se describe la metodología empleada en cada una de ellas, así como las adecuaciones necesarias para este tipo de áreas en la etapa de adquisición de datos en campo; finalmente se presentan las ventajas y desventajas de los dispositivos utilizados en relación con los sitios seleccionados.

SE21-10

TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍAS INFRARROJA APLICADAS EN INSPECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE PATRIMONIO CULTURAL

Carrillo-Vargas Armando¹, Sandoval Quintana Osiris², Cifuentes Nava Gerardo³, Hernández Quintero Esteban⁴, Caccavari Garza Ana⁵, Flores Soto Xóchitl⁶, Argote Espino Denisse⁷, López García Pedro⁸, Santos Ramírez Marco Antonio⁹ y Juárez Rodríguez Octavio¹⁰

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²IGEF-UNAM

³INAH

armando@geofisica.unam.mx

Las técnicas de instrumentación no invasivas aplicadas en estudios y procedimientos para analizar la disipación de calor en instrumentación electromecánica tiene varias décadas de aplicación en los procedimientos de medición térmica sin contacto que combina una cámara de infrarrojos de alta sensibilidad para la detección de fallas en placas de circuitos impresos y otros componentes electrónicos, estos procedimientos permiten incorporar procedimientos novedosos aplicados a la corrección o mantenimiento. En este trabajo se presenta un estudio preliminar de la aplicación de diversos procedimientos empleando una cámara infrarroja de alta sensibilidad para la detección de gradientes de radiación térmica, humedad, grietas, flujos de aire, entre otros en una aplicación o procedimiento adecuado a la inspección y conservación de bienes inmuebles arqueológicos ubicados en Chichén Itzá; se presentan específicamente mediciones de radiación térmica dentro de la estructura el Castillo, el edificio de las Monjas y la plaza principal. Las primeras observaciones termográficas aportan datos sustantivos para la preservación, conservación y operación en los lugares mencionados.

SE21-11

LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO Y MULTIESPECTRAL DEL COMPLEJO CENTRAL DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE CHICHÉN ITZÁ, YUCATÁN, MÉXICO

Silvan Cardenas José Luis y Madrigal Gómez José Manuel
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, CentroGeo
jsilvan@centrogeo.edu.mx

En el presente trabajo se desarrolló levantamiento fotogramétrico y multiespectral con un vuelo de dron del complejo central del área arqueológica de Chichén Itzá, abarcando las edificaciones de la pirámide de kukulcan o castillo, Juego de pelota, templo de guerreros y del jaguar realizado el 22 de mayo de 2023. En este trabajo se detallan la secuencia operativa del levantamiento con un equipo

Phantom 4 Multispectral RTK, incluyendo: 1) planeación de vuelo, 2) levantamiento de datos con geoposicionamiento por el método cinemático en tiempo real (RTK) y 3) generación de productos fotogramétricos. El equipo permite adquirir hasta 5 bandas espectrales (blue, green, red, rededge y nir) y fotografía RGB simultáneamente y el método RTK de geoposicionamiento permite generar datos con precisión centimétrica. Para una mejor reconstrucción tridimensional se realizaron dos vuelos de barrido simple en dirección N-S y E-O, con cámara orientada verticalmente y el traslapes frontal y lateral de 90% y 80%, respectivamente. El equipo registró un total de 165 tomas cubriendo entre las 5:09 pm y las 5:41 horas, dentro del horario permitido, cubriendo un área aproximada de 40 hectáreas. Los datos RGB y multiespectrales (MS) fueron procesados en el software pix4d para la generación de nubes de puntos y ortomosaicos registrados (RGB y MS). Posteriormente, la nube de puntos fue analizada en PAREIDOLIA, un software de procesamiento de nubes de puntos desarrollado en MATLAB, a partir de lo cual se generaron el modelo digital de superficie y el modelo digital de terreno. Tanto los ortomosaicos RGB y MS como los modelos de superficies se incluyeron en la plataforma web denominada Global Spectral Index Mapper para el cálculo de índices espectrales. Los índices espectrales hicieron evidentes líneas de vegetación distribuidas a lo largo de la zona arqueológica. La mayoría de ellas conocidas y de origen contemporáneas debido a instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. No obstante, se observó una marca de una zanja no conocida, la cual se atribuyó a una exploración arqueológica no reportada. La nube de puntos fotogramétrica fue además empleada para realizar mediciones y un modelo simple del castillo.

SE21-12

PRUEBAS INSTRUMENTALES DE LA ESTACIÓN GEOMAGNÉTICA EN CHICHÉN ITZÁ, MÉXICO

Cifuentes Nava Gerardo¹, Caccavari Garza Ana¹, Hernández Quintero Juan Esteban¹, Carrillo Vargas Armando¹, Sandoval Quintana Osiris¹, Flores Soto Xóchitl¹, Arzate Flores Jorge Arturo² y Antonio Pérez Lenin³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

gercifue@igeofisica.unam.mx

Dentro del Programa de Mejoramiento de Zonas Arqueológicas (PROMEZA) se presentan los estudios de factibilidad, instrumental y protocolos de observación de la estación geomagnética dentro de la Zona Arqueológica de Chichén Itzá (ZAC). El objetivo principal, es a mediano plazo, instalar un observatorio geomagnético dentro de la zona arqueológica en un contexto que presenta dos grandes ventajas desde el punto de vista científico. Por un lado el uso de espacios cerrados al público en la ZAC con construcciones prehispánicas de nulo ruido magnético y por el otro su localización en una planicie calcárea como lo es la Península de Yucatán, ya que hay pocos observatorios geomagnéticos que cumplen estas condiciones. Los instrumentos empleados son un magnetómetro vectorial (Bx, By, Bz) LEM417, comúnmente usado en exploración magnetotélrica, un magnetómetro de Intensidad Total GSM19 con efecto Overhauser y un magnetómetro de Declinación e Inclinación DI-flux. El registro del Campo Geomagnético se presenta con la estabilidad esperada, así como las observaciones absolutas del campo, para el cálculo de una línea base del LEM417. Se espera que una vez que se cuenten con los instrumentos adquiridos a través de PROMEZA se pueda llevar a cabo la instalación definitiva de este observatorio geomagnético en la ZAC.

SE21-13

ARREGLOS CUADRANGULARES DE GEÓFONOS VERTICALES EN ESTUDIOS DE CORRELACIONES DE RUIDO SÍSMICO

Cárdenas-Soto Martín, Sánchez-González Jesús,
Martínez-González José Antonio y Escobedo-Zenil David
UNAM
martinc@unam.mx

La correlación de ruido sísmico ambiental es una técnica que ha crecido notablemente en las últimas dos décadas. Los arreglos de sensores pueden ser regulares, irregulares o lineales. El objetivo es obtener la mejor curva de dispersión de ondas superficiales para derivar la velocidad de corte para representaciones 1, 2 o 3D del subsuelo. Aunque el diseño de adquisición debería ser función de la cobertura azimutal de las fuentes de ruido, existen sitios donde no es posible adecuar la orientación del arreglo. Para una alta densidad de trayectorias entre pares de sensores, el promedio de curvas de dispersión en un rango útil de frecuencias reduce la incertidumbre asociada a la falta de iluminación de fuentes de ruido. En este trabajo mostramos algunos ejemplos de tomografías sísmicas con arreglos cuadrangulares utilizando 72 geófonos verticales de 4.5 Hz, que conectados a tres sismógrafos pueden cubrir una longitud de 355 m. En este caso, el número de trayectorias entre pares de geófonos es $nt = (n-1)n/2$, es decir, para $n=72$, $nt=2556$. Si la velocidad promedio del subsuelo es alta, las distancias cortas deben ser omitidas. Además de representaciones de velocidad derivadas de correlaciones cruzadas, es posible utilizar las autocorrelaciones para estudiar variaciones laterales o bien generar representaciones de anomalías resonantes como las que producen las cavidades.

SE21-14

INSTRUMENTACIÓN RECIENTE EN EL LABORATORIO DE PALEOMAGNETISMO DEL CENTRO DE GEOCIENCIAS

Ibarra Ortega Héctor Enrique, Rodríguez Trejo Alejandro, Böhnel Harald y Escalante Jorge
Centro de Geociencias, UNAM
hector.ibarra@geociencias.unam.mx

Los laboratorios suelen depender de varios equipos que son usados por investigadores, estudiantes o incluso proyectos externos, en algunos casos la producción de un laboratorio puede llegar a depender de un equipo principal que al dañarse detendría el trabajo en el laboratorio. Los equipos mas importantes para la investigación analizan o miden variables mediante procesos físicos complejos que necesitan sensores muy específicos o componentes poco comunes comercialmente. Al ser instrumentos muy específicos no son comunes comercialmente, solo existen unos cuantos fabricantes en el mundo, y los componentes que utilizan hacen que su costo y mantenimiento sea muy elevado. Otro aspecto es el software para control de los equipos, este generalmente esta hecho para Windows y de código cerrado y al paso del tiempo las computadoras se vuelven obsoletas o presentan fallas, la versión del sistema operativo ya no recibe actualizaciones, etc. Todo esto hace que los equipos se vuelvan tótems que solo pueden ser manipulados por unos cuantos y bajo condiciones muy específicas, todo para reducir al mínimo el riesgo de una avería. En este trabajo presentamos los avances que hemos tenido en el laboratorio de Paleomagnetismo en el Centro de Geociencias en cuanto a la instrumentación utilizando herramientas de hardware y software libre (placas Arduino, Raspberry, linux, etc). Lo que nos a servido para reparar equipos, actualizarlos o construirlos desde cero, ademas que nos ha permitido participar en proyectos fuera del paleomagnetismo como la red de monitoreo ambiental desarrollando equipos con sensores para medir la contaminación antropogénica.

SE21-15

OBSERVATORIO MEXICANO DE RADIOFRECUENCIAS

De la Luz Victor¹, Tinoco Martínez Sergio Rogelio¹, Rodríguez Mario¹, Fabian Álvarez María de los Ángeles², Nuviedo Alexis³, Huipe Domratcheva Elizandro⁴, Pérez Enrique⁵, Martínez Hugo Carlos⁶, Cruz Enrique⁶, González Agustín⁶, Soria Victor², Mata Cristhian², Renero Marte², Tavares Gerardo² y Arjang Mona⁷

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

²Tecnológico Nacional de México

³UNAM IIRyA

⁴UANL

⁵Investigador por México

⁶UACM

⁷UNAM, ENES Morelia

vdelaluz@enesmorelia.unam.mx

En este trabajo, presentaremos la red troncal del Observatorio Mexicano de Radiofrecuencias (OMAR) la cual incluye 4 estaciones: Monterrey, Ciudad de México, Mérida y Morelia. Presentamos la teoría y tecnología utilizada para la adquisición, demodulación, decodificación, procesamiento y almacenamiento en tiempo real de ondas de radio centradas en Frecuencia Modulada (FM) comercial en un ambiente distribuido. Así mismo mostramos las capacidades de la red, las oportunidades de colaboración y los primeros productos desarrollados por el grupo de trabajo.

SE21-16

OBSERVATORIO SISMOLÓGICO ESTÁNDAR (OSE) DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO; PLANEACIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Mendoza Carvajal Antonio de Jesús, Navarro Estrada Fernando, Iglesias-Mendoza Arturo, Pérez Santana Jesús Antonio, Estrada Castillo Jorge Alberto, Espindola Castro Víctor Hugo, Cruz Cervantes José Luis, Hurtado Díaz Alejandro, Cárdenas Ramírez Arturo B., Angulo Carrillo Joel y Instituto de Geofísica Grupo de trabajo del Servicio Sismológico Nacional

Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM

antonio@sismologico.unam.mx

Desde 1910 que se fundó el Servicio Sismológico Nacional (SSN) se buscó un solo objetivo, el monitoreo sísmico permanente en el país que pueda tener derivaciones trascendentes como lo es la salvaguarda de vidas gracias a los datos verídicos y sobre todo confiables ante la vista de la población en general. La red de Observatorios Sismológicos del SSN es el resultado del esfuerzo de varias generaciones de científicos, técnicos, especialistas, administrativos y personas de diferentes dependencias con diversos enfoques, pero con la vista en la misma meta. Es precisamente por esto que se crean diferentes metodologías de instrumentación en los ahora denominados Observatorios Sismológicos Estándar (OSE), los cuales conjugan lo mejor de las experiencias de más de 113 años de trabajo conjunto en el SSN. Este trabajo comprende la búsqueda y selección de sitios idóneos para nuevos OSE, la construcción de los tres diferentes tipos de OSE's, la instrumentación sísmica y energética implementada, los distintos medios de comunicación para el envío de datos en tiempo real. Por último, se da un esquema de la metodología que se tiene para un monitoreo de mantenimiento integral en las estaciones actuales y antiguas a cargo del SSN.

SE21-17 CARTEL

APLICACIONES DE REDES DE COMUNICACIONES DE BAJA POTENCIA (LPWAN) EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Yáñez-Casas Gabriela Aurora¹, Ramírez-López Fabian¹, Hernández Gómez Jorge Javier², De la Rosa-Rábago Rodolfo² y Couder-Castañeda Carlos²

¹Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas

²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial

gyanezca@ipn.mx

Uno de los requerimientos mas persistentes e importantes dentro de la geofísica observacional es el uso de extensas redes de sensores remotos que permitan obtener mediciones directas para el mejor entendimiento de diversos fenómenos a lo largo de las Ciencias de la Tierra. Obtener esos datos para su uso centralizado por los investigadores es complicado, puesto que a veces se tienen que recuperar directamente en el lugar donde los sensores están posicionados, o bien se puede depender de soluciones como los enlaces satelitales para obtenerlos, lo que a menudo es costoso y no permite adquirir y procesar los datos en tiempo real. Con el advenimiento de la tecnología del Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés, Internet of Things), la interconexión inalámbrica de millones de dispositivos (cosas) al internet ha abierto nuevas posibilidades. En ciertos entornos (sobre todo no urbanos), el IoT depende en gran medida de redes de comunicaciones inalámbricas de baja potencia (LPWAN, por sus siglas en inglés, Low Power Wide Area Networks) para poder conectar objetos a la red de redes. Las redes LPWAN se caracterizan por ser portátiles, operar con bajo consumo eléctrico, tener gran alcance o área de cobertura, ancho de banda restringido y transmisión de paquetes cortos de información, así como frecuencias de operación dentro de las bandas de uso libre. Estas características le permiten acrecentar grandemente la duración de las baterías utilizadas como fuente de poder, lo que convierte a este tipo de redes en opciones robustas y ampliamente aplicables a la adquisición y transmisión en tiempo real de datos de sensores remotos de uso en las Ciencias de la Tierra, volviéndose una opción asequible cuando se busca la colección de redes de sensores respecto a otras opciones como son los enlaces satelitales.

SE21-18 CARTEL

APLICACIÓN WEB PARA RECOPIACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS EN SÍSMICA DE TERREMOTOS

Yáñez Gabriela¹, Casillas-Aviña Gael Emiliano², Hernández-Gómez Jorge Javier³, Trujillo-Alcántara Alfredo¹, Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel⁴ y Urrutia-Fucugauchi Jaime⁵

¹Instituto Mexicano del Petróleo, IMP

²Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas

³Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial

⁴Tecnológico Nacional de México/IT de Mérida

⁵Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

posgyanes@imp.mx

El registro de datos provenientes de eventos sísmicos es una práctica que permite llevar un historial adecuado de dichos eventos y construir estadísticas que permitan estudiar este tipo de fenómenos. A partir de los datos adquiridos se construyen los llamados sismogramas, los cuales son una herramienta de visualización que tiene como propósito registrar gráficamente los datos obtenidos en estaciones sismográficas específicas. Sin embargo, la visualización de los sismogramas se dificulta a menudo, en gran parte por la cantidad significativa de valores generados en cada evento, así como por la existencia de diversos softwares (varios de ellos de paga), sus diferencias entre ellos y su complejidad de uso. En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación web altamente compatible, sencilla, flexible y precisa, conectada a datos publicados en el sitio del Servicio Sismológico Nacional (SSN). El objetivo es ejemplificar la necesidad de organizar de manera lógica este tipo de datos. La herramienta presentada busca ser de uso gratuito y de libre acceso, y busca permitir visualizar de manera dinámica los registros provenientes de eventos sísmicos, así como la generación inmediata de sismogramas de interés para el usuario, fácilmente interpretables.

SE21-19 CARTEL

INSTALACIÓN OPERACIÓN Y ANÁLISIS DE UNA ESTACIÓN MAGNETOTELÚRICA DURANTE EL ENJAMBRE SÍSMICO EN MICHOACÁN

Flores Ramírez Alejandro¹, Cifuentes Nava Gerardo², Carrillo Vargas Armando², Sandoval Quintana Osiris², Caccavari Garza Ana², Hernández Quintero Juan Esteban³ y Arzate Flores Jorge Arturo³

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

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM

david.floresr@ingenieria.unam.edu

Durante el enjambre sísmico que tuvo lugar en Michoacán durante 2019-2020, se instaló un equipo magnetotelúrico LEMI417 para observar el comportamiento y correlación de la ocurrencia de los sismos y los campos geomagnético y eléctrico observados. Su período de funcionamiento estuvo comprendido de febrero a noviembre del 2020. La instalación se hizo en un predio conocido como la Escondida

en las faldas del Volcán Tancitaro, llevándose a cabo mediante la selección a través de un levantamiento magnetométrico y de una orientación solar y geomagnética para el diseño del arreglo de los sensores de campo eléctrico. Se presentan los periodogramas y espectrogramas obtenidos y se correlacionan con la estadística de la ocurrencia de los sismos locales para el período de estudio.

SE21-20 CARTEL

RED SÍSMICA DE BACHILLERATO (RESBAC) DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL, SU ORIGEN, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

Mendoza Carvajal Antonio de Jesús¹, Pérez-Campos Xyoli², Quintanar R. Luis²,
Iglesias-Mendoza Arturo¹, Espindola Castro Víctor Hugo¹, Navarro Estrada Fernando¹,
Pérez Santana Jesús Antonio¹, Bello Segura Delia I.¹, Sosa Jiménez Miguel
A.¹, Chávez Chavarría Iván¹, Ruiz Vázquez Iván¹ y Barrón Romero Luis Ernesto¹

¹Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM

²Departamento de Sismología, IGEOF, UNAM

antonio@sismologico.unam.mx

A más de dos años de operación la Red Sísmica del Bachillerato (RESBAC) a podido brindar apoyo a la red nacional y sobre todo a la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) con sismos en la Ciudad de México (CDMX) relevantes como los ocurridos al sureste de Milpa Alta y al noreste de La Magdalena Contreras. La RESBAC tiene tres principales propósitos: colaborar en el monitoreo de la sismicidad de la CDMX y del país; contribuir a la caracterización de los movimientos fuertes en la CDMX; fomentar vocaciones científicas, además de una cultura sísmica en los estudiantes y profesores de bachillerato que trascienda a corto plazo en la sociedad, con ayuda de la divulgación entregada en el Diplomado en Sismología para Profesores de Bachillerato (DSPB). En una primera etapa, se instalaron 25 estaciones en donde 14 de ellas quedaron en planteles de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM; una en la Dirección General de la ENP, una en el Colegio Madrid; cuatro en campus del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) de la CDMX, una en la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) de la CDMX; además se tienen como diferenciales y apoyo social a las estaciones del Observatorio Magnético de Teoloyucan, del Servicio Magnético de la UNAM, Estación de Bomberos del municipio de Peribán de Ramos en el Edo. de Michoacán, el Instituto de Energías Renovables de la UNAM y uno co-localizado en la estación PZIG del Servicio Sismológico Nacional (SSN), además en este último sitio su objetivo es servir en calibración, para poder probar en sitio la respuesta de las estaciones ante nuevas configuraciones y actualizaciones instrumentales. Si bien RESBAC surge como una forma de materializar los conocimientos adquiridos en el DSPB, el tiempo que lleva instalada la red está demostrando ser valiosa para el monitoreo sísmico que permite por un lado registrar la sismicidad local y por el otro caracterizar el movimiento del suelo, ambas para la Ciudad de México; así como una excelente opción de complemento para la Red de Observatorios Sismológicos de Banda Ancha del SSN.

Sesión especial

CINCUENTA AÑOS DEL DESARROLLO DE LA SISMOLOGÍA DEL NOROESTE DE MÉXICO

Organizadores

José Antonio Vidal-Villegas
Gerardo Suárez Reynoso
José Javier González García

SE22-1

RESCEP, RESNOR Y RESNOM: EVOLUCIÓN DE LA RED SÍSMICA DIGITAL DEL CICESE, 1979-1992

González-García José Javier

CICESE

javier@cicese.mx

Del 6 de diciembre de 1978 a diciembre de 1980, estuvo en operación la Red Sísmica de Cerro Prieto (RESCEP) en el Valle de Mexicali transmitiendo datos a CICESE en Ensenada. Hasta 8 componentes de registro continuo en forma analógica convertidas a formato digital in-situ se enviaban por teléfono en tiempo real vía microondas: 5 verticales y 3 horizontales de las estaciones QKPR (v y h), TLXR (v y h), NVLR (v y h), SONR (v) y VERR (v). De diciembre de 1978 a marzo de 1979, sólo operaron de 2 a 3 estaciones y después del 20 de junio de 1980, sólo una (QKPR). Aunque con un sinnúmero de problemas en su operación rutinaria, el sistema RESCEP probó la utilidad de su instalación al registrar las secuencias sísmicas asociadas a los temblores de Mexicali del 15 de octubre de 1979 (Mw6.4) y de Victoria del 8 de junio de 1980 (Mw6.3). Esta última secuencia fue la primera registrada en el sistema de captura de datos de RESNOR (Red Sísmica del norte de Baja California). En octubre de 1979 se inicia la elaboración del boletín: Determinación Preliminar de Epicentros. En 1980-1981 se inicia la expansión de RESNOR gracias al financiamiento a fondo perdido del Banco Interamericano de Desarrollo avalado por el gobierno del Estado de Baja California [En Sep. de 1980 Cerro Bola (CBX) es la primera estación construida con enlace de radio propio]. Con la ocurrencia de la crisis de 1982 se hizo más lento el desarrollo de la red. En 1992 con la instalación de la estación en Puerto Peñasco, Son. la red cambia de denominación a Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM). Para entonces se llegó a tener en operación 12 estaciones con transmisión digital y telemetría propia en tiempo real, 3 componentes y 40 muestras por segundo en cada canal: CBX, CHX, CPX, ECX, EMX, ENX, LMX, PBX, PPX, RDX, SFX y SPX.

SE22-2

CUATRO DÉCADAS DE SISMICIDAD: CATÁLOGO DE LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE DE MÉXICO

Núñez Alejandra, Vidal Antonio, Arregui Ojeda Sergio Manuel,
Yegres Herrera Luis Alejandro y Grupo de Trabajo Resnom

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

anunez@cicese.mx

Durante más de 44 años, la Red Sísmica del Noroeste de México ha sido parte fundamental del Departamento de Sismología del CICESE. Actualmente, esta red detecta y el registra continuamente la actividad sísmica que ocurre en Baja California, Sonora, Golfo de California, Baja California Sur y Sinaloa. Para lograr esto, se procesan las señales provenientes de 116 estaciones, de las cuales 72 operan en tiempo real. Estas estaciones están distribuidas en varias sub-redes: la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), la Red Sismológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN), las Redes Acelerométricas Urbanas de Baja California (RAUBC), RESNOM Movimientos Fuertes (RESNOM-MF) y la Red Sismológica de La Paz (RSLP). Además, en colaboración con otras instituciones, se procesan también las señales de la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y la Red Sísmica del Sur de California (SCSN). La región en la que opera esta red es conocida por su tectónica compleja y su actividad sísmica significativa, lo que otorga una importancia vital a este catálogo para el entendimiento de la sismicidad regional y la reducción del riesgo sísmico. Hasta la fecha, el catálogo de RESNOM ha registrado y catalogado más de 45,000 eventos sísmicos en el rango de magnitudes 0.1 # M # 7.2. En el contexto de este trabajo, hemos dividido el catálogo de la red y nos enfocaremos solamente en tres áreas: el Valle de Mexicali, las Sierras Peninsulares y la zona del Pacífico. Para cada una de estas áreas, realizamos un análisis del comportamiento espacio-temporal, el cual nos permitió identificar los patrones de actividad sísmica en función de la ubicación y el tiempo. Otro aspecto que analizamos, fue la magnitud de completitud, lo cual nos reveló como a lo largo del tiempo se ha mejorado la cobertura de la red, lo que ha permitido

detectar sismos de menor magnitud con mayor eficacia. Este avance en la detección es un indicador clave del progreso tecnológico y del fortalecimiento de RESNOM. Y finalmente, se realizó para cada una de las zonas estudiadas, un análisis de distribución de magnitudes sísmicas utilizando la ley de Gutenberg- Richter.

SE22-3

ESTUDIOS DE LA FUENTE SÍSMICA Y EFECTOS DE LA TRAYECTORIA EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Castro Escamilla Raúl Ramón

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

raul@cicese.mx

Se presentará una retrospectiva de algunos estudios relacionados con la fuente sísmica y los efectos de propagación realizados en el noroeste de México en el periodo 1991 – 2023. Estos estudios han sido posibles gracias a las redes sismológicas que opera el Departamento de Sismología del CICESE desde su creación. Se discutirán algunos de los métodos desarrollados para separar efectos de la fuente sísmica, de atenuación y los de la respuesta de sitio, así como algunos de los resultados obtenidos en regiones del Golfo de California, del noroeste de Baja California y del noreste de Sonora. Para el noroeste de Baja California la dependencia del factor de calidad Q de las ondas P y S es similar pero las ondas P se atenúan más que las S. Estudios de atenuación en la región sur del Golfo de California muestran que el valor promedio de Q de esta región es en general más alto que el reportado para otras regiones con tectónica similar, lo que sugiere que las regiones de alta atenuación en el golfo están restringidas a zonas cercanas a los centros de dispersión. Del análisis de las funciones de la fuente sísmica de eventos localizados en la región sur-central del Golfo de California, encontramos que el cociente entre la energía radiada y el momento sísmico (ES/M0) es aproximadamente independiente del tamaño del sismo, y en general el esfuerzo aparente en esta región es bajo ($\#_a < 3\text{MPa}$). De los estudios de efectos de sitio, encontramos que el método de los cocientes espectrales entre las componentes horizontales y la vertical del movimiento del terreno (método HVSR) tienden a subestimar la amplificación por efecto de sitio. Estudios de birrefringencia sísmica en las regiones del norte de Baja California y Sonora muestran que el patrón de anisotropía rápida en la región peninsular es aproximadamente homogéneo. Al sur del Valle Imperial, en la zona de Cerro Prieto, la dirección de polarización de la onda S coincide con la dirección del esfuerzo compresivo máximo regional. Del estudio de sismos localizados en el noreste de Sonora, usando registros de una red sísmica local operada en colaboración CICESE-UNAM, en la región epicentral del sismo de 1887 (Mw 7.5), encontramos que la larga duración de las réplicas generadas por este sismo pueden explicarse por la gran magnitud del evento principal, por la baja tasa de deslizamientos y por el largo periodo de recurrencia. Concluimos que la Red Sismológica del CICESE (RSC) y en particular la Red Sismológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN) han permitido estudiar diferentes aspectos de la estructura cortical del noroeste de México que contribuirán en el avance del conocimiento de la sismotectónica de esta región y que impactarán en futuras estimaciones del peligro sísmico de esta región.

SE22-4

SECUENCIA SÍSMICA A PARTIR DEL 22 DE NOVIEMBRE DE 2022 Y LOS PRODUCTOS GENERADOS POR LA RED SISMOLOGICA DEL CICESE

Yegres Herrera Luis Alejandro, Núñez Leal María Alejandra, Reinoza
Gómez Carlos E., González Huizar Héctor y González Escobar Mario

CICESE

yegres@cicese.mx

El 22 de noviembre de 2022, a las 08:39:04 (hora local de Baja California), se registró un sismo de magnitud (Mw) 6.1, siendo el evento principal de una secuencia sísmica que hasta la fecha se mantiene en actividad. La Red Sismológica del CICESE (RSC) lo localizó a 55 km al noroeste de San Quintín, Baja California y a 4 km de profundidad. A pesar de no haber sido un sismo destructivo, este

evento captó rápidamente la atención de sismólogos, autoridades y la población, debido en gran parte a la escasa sismicidad relevante en la zona, solo se tenía conocimiento de un enjambre cercano a San Quintín en 1975, que siguió un evento principal de M 5.2 (Rebollar et al., 1982). Por otro lado, debido a la presencia del Campo Volcánico monogenético de San Quintín, de tipo-intraplaca (Lühr et al., 1995), es inmediata la asociación: sismicidad y vulcanismo, que la población establece. La RSC ha trabajado en diversos productos, para explicar más a detalle la secuencia sísmica y los parámetros de fuente, así como las características tectónicas, para justamente distinguir el origen sismo-tectónico o sismo-volcánico. Entre los productos generados por la RSC, se encuentran: el cálculo automático de localización y magnitud de la sismicidad en la región (lo cual es revisado posteriormente por analistas de la Red), obtención de los mecanismos focales, a partir de la polaridad de las primeras llegadas y mapa de intensidad macrosísmica. Adicionalmente, desde hace algún tiempo, se ha estado trabajando en generar el tensor de momento, para los eventos más representativos de la región, específicamente para el evento principal se obtuvieron los siguientes valores: momento sísmico de 2.403 E⁸ Nm, componentes Volumétrico, DC y CLVD de 19.4%, 46.3% y 34.4%, respectivamente; estos valores corresponden a un evento del tipo transcurrente destrál, con una componente de movimiento vertical compresivo, lo cual es denotado por los altos valores en primera instancia de DC y luego CLVD. Con base en una caracterización ternaria de los mecanismos focales, el evento principal se ubica en la región de cinemática transcurrente con cierta componente compresiva, posiblemente asociado a la Falla San Isidro, estructura representativa de la tectónica dominante en esta región. No obstante, una familia importante de mecanismos focales posteriores al sismo principal se ubica en la región de eventos del tipo normal, dando idea de la complejidad tectónica que se presenta. A la fecha no hay reportes de eventos exactamente bajo el Campo Volcánico de San Quintín, y claramente basados en el análisis de la sismicidad, se descarta el origen volcánico de la sismicidad en la zona. Finalmente, este sismo nos permitió evaluar el potencial de la RSC en el diseño de un sistema de alerta sísmica temprana (Arregui et al., 2022). De acuerdo con el sistema, las ondas S al momento de la ocurrencia del evento, tardaron 20 seg en llegar a Tijuana y 25 seg a Mexicali, los centros poblados más importantes de la región.

SE22-5

EVIDENCIAS DE FALLAMIENTO ORTOGONAL COMO RESPONSABLE DE LA SECUENCIA SÍSMICA DE VALLE DE LA TRINIDAD, BAJA CALIFORNIA, 2020-2022

Martínez González Alejandra Isabel¹, Reinoza Gómez Carlos Eduardo², Vidal Villegas José Antonio² y Audemard M. Franck A.³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³Universidad Central de Venezuela - División de Ciencias de la Tierra, CICESE

amgonzalez@cicese.edu.mx

El 17 de agosto de 2020 se registró un sismo de ML5.1, seguido por una secuencia de réplicas, en la zona de confluencia de las fallas Agua Blanca, San Miguel, Sierra Juárez y San Pedro Mártir, parte de las Sierras Peninsulares de Baja California (SPBC). Las localizaciones rutinarias de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) pueden mostrar una alta dispersión en la distribución de epicentros, lo que dificulta su asociación a las estructuras geológicas del área de estudio. El presente trabajo se enfoca en reducir las incertidumbres en los parámetros hipocentrales a través del método de relocalización por doble-diferencia (HypoDD) y, además, en la determinación del momento sísmico (Mo) y parámetros de fallamiento, utilizando el modelo de Brune (SEISAN) y la inversión del tensor de momento en (ISOLA), con el objetivo de obtener una imagen más nítida de la distribución de la sismicidad y una mejor caracterización de la fuente sísmica. Obtenido el Mo, se calculó la relación Mo-ML para la secuencia sísmica en estudio. Los errores de localización se redujeron hasta en un orden de magnitud, mostrando una distribución de epicentros que se alinea con una estructura de orientación NE-SO, ortogonal al rumbo de la falla San Miguel. Por su fácil aplicación, se obtuvo Mo para 1278 eventos de la secuencia usando el modelo de Brune, reportando un rango de valores de 2.5x10¹⁷ dinas-cm # Mo # 6.31x10²³ dinas-cm. La inversión del tensor de momento sísmico fue aplicada a 4 eventos con ML#4, obteniéndose mecanismos focales de rumbo y valores promedio de DC=80% y %CLVD=20%. Además, a partir de los parámetros de fallamiento obtenidos a través de ISOLA, la distribución de epicentros y una base de datos de fallas detallada, el sismo principal es consistente con esta falla secundaria sinistral con orientación NE. La relación Mo-ML para esta secuencia muestra una tendencia no-lineal en el rango de magnitudes de 0.4#M#5.1, lo cual ya había sido reportado en la literatura para un rango de magnitudes menor en las SPBC. La relación calculada para este estudio se considera válida para toda la región de las SPBC, ya que muestra menor dispersión entre ML y Mw en comparación con relaciones calculadas por otros autores para la región. La relación Mo-ML permitirá homogeneizar el catálogo sísmico en términos de Mw para la zona de estudio, escala ampliamente utilizada en las ecuaciones para el cálculo del peligro sísmico. Diversos autores han reportado secuencias sísmicas controladas por fallamiento ortogonal en el norte de Baja California, incluyendo 3 sismos históricos importantes de M# 6 ocurridos en 1956 asociados al Sistema de Fallas San Miguel. Este comportamiento ha sido reportado de igual forma para el sur de California, lo que lo convierte en un fenómeno de carácter regional. La caracterización de este tipo de estructuras, consideradas inactivas y que se han reactivado sísmicamente generando este tipo de secuencias, permitirá su inclusión en los catálogos de fallas activas de la región.

SE22-6

RESEÑA DE LA TECTÓNICA Y SISMICIDAD COSTA FUERA DE BAJA CALIFORNIA (BORDERLAND), MÉXICO

González Escobar Mario, Gallegos-Castillo Cristian A., Arregui Ojeda Sergio Manuel, Mastache-Román Edgar Agustín, Reyes-Martínez Carlos S. y Grupo de Trabajo Resnom

CICESE

mgonzale@cicese.mx

La actividad sísmica en la zona conocida como Borderland, frente a la costa de Baja California, presenta una oportunidad única para estudiar una región que normalmente no es conocida por su alta actividad sísmica, en comparación con el cercano Valle de Mexicali. En 2022 y principios de 2023, esta región experimentó una actividad sísmica inusual. Algunos hechos generaron preocupación entre la población, específicamente, dos sismos ocurridos cerca de la ciudad de Ensenada, el 15 de abril y el 25 de julio de 2022, con magnitudes Mw 4.2 y 4.5, respectivamente. Un tercer evento, de Mw6.1, ocurrió cerca de San Quintín, Baja California, el 22 de noviembre de 2022 y está asociado a la falla de San Isidro. Este evento, que superó la magnitud típica observada en la región con base en la sismicidad histórica, se sintió en un tramo importante de la costa del Pacífico, desde Guerrero Negro hasta Tijuana, México. En junio del mismo año, ocurrió un evento de magnitud Mw4.2 en la misma falla. Esta falla actúa como relevo de la Falla de Santa Catalina en su sector sureste. Las ubicaciones hipocentrales de la actividad sísmica variaron en profundidad de 5 a 40 km, ocurriendo la mayoría entre 5 y 20 km, con magnitudes oscilaron entre 1.5 y 6.1. Además, se observaron enjambres sísmico cercano a Punta Colonet y San Quintín en noviembre-diciembre de 2022 y mayo de 2023. Las ubicaciones hipocentrales de estos eventos oscilaron entre profundidades de 2 a 18 km, ocurriendo la mayoría entre 3 y 10 km, con magnitudes entre 1.5 y 4.5. La actividad sísmica observada en mayo de 2023 muestra una tendencia noreste-sureste, con mecanismos focales que exhiben similares rumbos de falla. Esto nos lleva a sugerir que esta actividad sísmica está asociada a la Falla Colonet, la cual se puede observar en la región continental de la costa. Los mecanismos focales de los ventos principales indican un movimiento de deslizamiento, alineándose con el patrón dominante de deformación controlado por las principales fallas en la región. Al analizar la actividad sísmica registrada en varios catálogos de agencias como ISC, RESNOM, USGS, NCEDC y SCEC, se hace evidente una concentración de actividad cerca de la costa. Cabe destacar que no se reportó actividad sísmica en la zona donde ocurrió el sismo Mw6.1 entre 1930 y 2021, lo que sugiere la reactivación de antiguas fallas a lo largo del borde continental, similar a lo que ocurre en el sector de California. Una posibilidad es que los intervalos de recurrencia de estos terremotos sean muy largos, lo que pudiera ser por la falta de registros históricos. La actividad sísmica en la región se concentra a lo largo de las fallas El Descanso, Coronado-Banks, Santa Catalina, Bahía Soledad y San Isidro. Esta observación está respaldada por anomalías gravimétricas y magnéticas encontradas en varias estructuras que no han sido interpretadas previamente, incluida la falla La Chorera recientemente reportada.

SE22-7

RED GEODÉSICA DEL NOROESTE DE MÉXICO (REGNOM): HISTORIA, ESTUDIOS Y HACIA DONDE VAMOS

González-Ortega Alejandro¹, Ramon Morales Elvía¹, García Meza Ignacio Francisco², Reinoza Gomez Carlos Eduardo¹ y González García José Javier¹

¹Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

aglez@cicese.mx

Desde 1995 comenzó la operación de las estaciones continuas de GPS en Baja California, como parte de la Red GPS Integrada del Sur de California (SCIGN). Debido a la ocurrencia del sismo El Mayor-Cucapah Mw 7.2 el 4 de abril de 2010, colegas de EE. UU. y México a través de una propuesta por medio de la National Science Foundation iniciaron la instalación de 8 estaciones continuas de GPS. A la par, en la región del Valle de Mexicali, Geodesist Without Borders, Caltech Tectonic Observatory Lab y CICESE instalaron 7 estaciones GPS continuas adicionales. Y posteriormente, con el apoyo financiero del USGS, UNAVCO y CICESE, desde 2015 se han instalado 15 nuevas estaciones GNSS continuas. Hoy en día este gran esfuerzo de casi tres décadas se traduce en la Red Geodésica del Noroeste de México (REGNOM; <http://regnom.cicese.mx>). Los objetivos de REGNOM son: (1) Complementar las observaciones sísmicas ante la ocurrencia de un evento sísmico. (2) Proporcionar estimaciones de la deformación de la corteza a largo plazo. (3) Caracterizar la acumulación de deformación elástica a lo largo de diferentes sistemas de fallas en el norte de Baja California y (4) estimar el marco de referencia regional para estudios tectónicos y complementar/integrar estudios geodésicos regionales por medio de la Interferometría de Radar de Apertura Sintética. Todo ello para comprender mejor la zona de fallas activas y compartida entre el sur de California y el norte de Baja California. Nuestros estudios más recientes están enfocados en la estimación de tasas de deslizamiento en las principales fallas del Valle de Mexicali; obtención del campo de desplazamiento 3D del Centro de Dispersión de Cerro Prieto por medio de InSAR; estimación de magnitud del sismo El Mayor-Cucapah a partir del espectro de fuente sísmica por medio de datos GPS; separación de fuentes posísmicas a partir de las series de posición GPS de REGNOM, y estudios de deformación a partir de modelado de bloques tectónicos. No obstante, REGNOM sigue en constante crecimiento, y para ello es determinante

plantear nuevas rutas de acción y aplicación de la generación de información geodésica en la región.

SE22-8

EVIDENCIA GEODÉSICA DEL SISMO DE MW 7.0 DE ABRIL DE 2012 EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Herrera Luis Alejandro¹, Audemard M. Franck A.² y González Ortega Javier Alejandro³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²Universidad Central de Venezuela - División de Ciencias de la Tierra, CICESE

reinoza@cicese.mx

Desde finales de 2022 revisamos algunos sitios de medición geodésica en la parte central de la Península de Baja California; previamente ocupados durante el 2009 por una cooperación germano-estadounidense con apoyo técnico del CICESE. El objetivo de las nuevas campañas es calcular la tasa de desplazamiento en mm/a para cada uno de estos sitios y resolver algunas interrogantes en términos de deformación de la denominada "Microplaca de Baja California" (MBC) para esta zona en particular. Sin preverlo, luego del procesamiento e integración de los resultados de 2009 y 2022 se observó un gradiente de desplazamiento decreciente NE-SO en cinco sitios de medición distribuidos a lo largo de un perfil al oeste y perpendicular a la Falla Salsipuedes (Sistema de fallas de Guaymas-SFG); estructura aparentemente responsable del sismo de Mw 7.0 del 12 de abril de 2012, el sismo de magnitud # 7 más reciente y el primero después de 60 años en el Golfo de California. Al comparar las velocidades paralelas al SFG (N50°O), se encontró una variación de ~23 mm/a entre los vértices SANF y ARCO, distanciados unos 75 km entre sí. Esta tasa de desplazamiento decrece ~0.3 mm por cada km hacia el SO, como se evidencia en tres vértices intermedios (PROG, SV3A y PURI). Si bien, estudios previos indican que el 90% del movimiento relativo entre las placas Norteamérica y Pacífico es acomodado por el Golfo de California, y que la deformación interna se ha observado en los sitios más cercanos a las fallas que cruzan el Golfo; los valores de velocidad obtenidos para los sitios más cercanos a la Falla Salsipuedes son mucho más altos de lo esperado. Con base en todo esto, inferimos que el sismo del 2012 pudo haber mostrado desplazamiento co-sísmico afectando algunas localidades cercanas como posiblemente lo evidencian algunos de nuestros sitios de medición. En vista de ello, esperamos recuperar los sitios de medición en los próximos meses, con el fin de calcular una tasa de movimiento intersísmico sin deformación co-sísmica ni postsísmica, y con ello poder estimar de manera más precisa el desplazamiento asociado al sismo Mw 7.0, 2012. Es importante señalar que no observamos este tipo de comportamiento en otros sitios medidos de la península de Vizcaino (Costa pacífica) y en la cercanía de Bahía de Los Ángeles (unos 100 km al NO del epicentro), donde los vectores de velocidad obtenidos se muestran bastante uniformes entre sí.

SE22-9 CARTEL

LA RED SÍSMICA DEL CICESE: UNA VISIÓN HISTÓRICA Y RESGUARDO DE LOS REGISTROS ANALÓGICOS Y DIGITALES DE PERIODO CORTO

Vidal Villegas José Antonio, Núñez Leal María Alejandra y García Arthur Miguel Ángel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

vidalv@cicese.mx

En el norte de Baja California y sur de California, en el periodo de 1940 a 2010, han ocurrido 17 sismos de magnitud entre 6 y 7.2. Los esfuerzos para registrar y catalogar la sismicidad de la región iniciaron en 1963 con la primera Red del Golfo de California. Como ya ha sido mencionado, en uno de los resúmenes del presente congreso, los orígenes de Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM, la cual es una de las subredes de la Red Sísmica del CICESE) datan de finales de 1978. Con su funcionamiento fue posible registrar los sismos de octubre de 1979 (M 6.4), junio de 1980 (M 6.3) y abril de 2010 (M 7.2). La ocurrencia de los tres sismos mencionados marcó la pauta para el registro de la sismicidad del norte de Baja California, dando lugar a desarrollos propios en instrumentación electrónica y en telemetría digital por enlaces de radio. Con la ocurrencia del sismo de 2010, fue mejorada la instrumentación de las estaciones (de periodo corto a banda ancha), se anexaron acelerógrafos y en algunos casos sistemas de posicionamiento GPS. Además, fueron realizadas mejoras en los esquemas de procesamiento y almacenamiento de los datos. No obstante, fueron conservados en su formato original (RESNOM) los registros digitales de 1979 a 2011. Con el propósito de uniformizar los catálogos de sismicidad (trabajo del que se reportarán resultados en la presente reunión) y de usar un formato estándar para los registros originales de RESNOM, nos dimos a la tarea de hacer los cambios necesarios y así incrementar la utilidad de estos registros. Así, nuestro objetivo es tener la base de datos de RESNOM uniforme (de 1976 al presente): catálogos de sismicidad en formato Nórdico y series de tiempo en formato Miniseed. Finalmente, estamos en proceso de catalogar los registros analógicos (en papel ahumado y en papel con tinta) para conservar un acervo histórico de la sismicidad del norte de Baja California y sur de California.

SE22-10 CARTEL

UNIFORMIZACIÓN DEL CATÁLOGO DE SISMICIDAD DE LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE DE MÉXICO (RESNOM)

Salazar Guerrero Paola Alondra¹, Flores Lacarra Karla Giovanna², Ramírez Ramos Erik Esteban¹, Vidal Villegas José Antonio³ y Núñez Leal María Alejandra³

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California

³Departamento de Sismología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

salazar.paula@uabc.edu.mx

En 1979 fue editado el primer boletín preliminar de epicentros que reportaba la sismicidad ocurrida y registrada principalmente en el Valle de Mexicali, B. C. La instrumentación utilizada inicialmente fue de periodo corto. El boletín se fue publicando con cambios en su periodicidad, en algunos casos en forma mensual y en otros en forma semestral. Para el procesamiento y la edición del boletín se desarrollaron herramientas de programación propias. A finales de 2001 se adoptó el programa SEISAN para el procesamiento de los datos sísmicos y la formación de una base estructurada de datos. De 1979 a 1990 la información catalogada quedó almacenada en un formato original propio. Posteriormente, se adoptó el formato hypo71 hasta 2001. En abril de 2010 ocurrió el sismo El Mayor-Cucapah Mw 7.2 (registrado con instrumentación de periodo corto y con acelerógrafos), el que produjo un parteaguas en el registro de la sismicidad del noroeste de México. Paulatinamente, la instrumentación de periodo corto de las estaciones de RESNOM (Red Sísmica del Noroeste de México) se fue reemplazando por equipo banda ancha, anexando acelerógrafos y en algunos casos sistemas de posicionamiento GPS. Respecto al procesamiento de los datos, también hubo cambios sustanciales, en los que se adoptaron estándares para la recepción, procesamiento y almacenamiento de los datos. Sin embargo, los archivos de los registros digitales de 1979 a 2001 quedaron almacenados en su formato original: RESNOM e hypo71. Con el propósito de tener un catálogo único de RESNOM y que éste fuese lo más completo posible, se llevó a cabo la tarea de uniformizarlo adoptando el formato Nórdico (SEISAN) para las localizaciones hipocentrales y los tiempos de arribo.

SE22-11 CARTEL

UTILIZACIÓN DE MICROCOMPUTADORAS DE BAJO COSTO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA RED GEODÉSICA DEL NOROESTE DE MÉXICO

Navarro Rodríguez Andrés, Ramón Morales Elvia, Reinoza Gómez Carlos Eduardo y González-Ortega Alejandro

Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

navarroandres@cicese.mx

La red sísmica del CICESE (RSC) comprende varias sub-redes de observación sismológica, acelerométrica y geodésica. A pesar de todos los esfuerzos para monitorear la península de Baja California y alrededores, todavía nos encontramos con regiones muy extensas sin cobertura; a lo que se suman las dificultades propias del mantenimiento de las estaciones y más aún, la imposibilidad de adquirir nuevos equipos. De allí, que surge la necesidad de implementar nuevas metodologías que permitan desempeñar las funciones de una red, en un lugar tan sensible a la ocurrencia de eventos sísmicos. Hemos trabajado en la implementación de la microcomputadora Raspberry Pi 4B (RPi4B) para resolver problemas de sincronización de tiempo, almacenamiento y envío de datos. Se realizaron pruebas en los receptores geodésicos Trimble NetRs y Ashtech Micro-Z, que desde hace años ya mostraban signos de obsolescencia. Un ejemplo: la memoria original del receptor Ashtech Micro-Z no es extraíble y tiene una capacidad de 32MB; con la limitación de descarga de datos a un protocolo de transferencia ZMODEM que puede durar horas. Con la RPi4B se mejoró la capacidad de almacenamiento y el acceso a los datos en estos equipos. Por otro lado, la incapacidad del receptor Trimble NetRs para enviar datos de manera autónoma por internet se resolvió con la RPi4B, permitiendo la descarga de los archivos del receptor y su envío por red a un servidor. A la fecha, estas microcomputadoras se han puesto en marcha en diferentes estaciones REGNOM y en campañas temporales en la parte central de la Península de Baja California (Proyecto CONAHACYT CF-194151); permitiendo aumentar los tiempos de ocupación en los sitios de medición con equipos prácticamente autónomos en términos de almacenamiento y alimentación.

Sesión especial

EL LITIO COMO MINERAL ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE: EXPERIENCIAS EN AMÉRICA LATINA

Organizadores

Mario Alberto Hernández

Norberto Vera

Graciela Herrera

SE23-1

LITIO EN AMÉRICA LATINA - UNA VISIÓN DESDE LA GEOLOGÍA ECONÓMICA Y LA GEOPOLÍTICA

Ferrari Luca

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
luca@unam.mx

Con un precio que se ha multiplicado siete veces en solo dos años el litio se ha vuelto uno de los principales elementos críticos de la transición energética de corte tecnológico, que ve en la progresiva electrificación del sistema energético con fuentes renovables la solución mágica al cambio climático. Con base en esta visión simplista, que no toma en cuenta los límites materiales y ambientales de esta transición, se ha desatado una carrera en búsqueda de nuevos yacimientos de litio, particularmente en América Latina, donde se encuentran las mayores reservas mundiales. De un punto de vista geológico y químico el litio se encuentra en tres tipos de yacimientos: en los salares del altiplano andino – en Chile, Argentina y Bolivia – donde el está disuelto en salmueras; en roca dura de origen magmático como las pegmatitas litíferas de Australia y Brasil; y en sedimentos continentales, donde el litio está presente en la estructura de algunos minerales de las arcillas. Este último tipo de depósitos, con ejemplos en México, Estados Unidos y Serbia, requiere procesos mucho más intensivos en energía y una tecnología más compleja para su refinación, que conlleva mayores costos. De hecho, a la fecha no existen proyectos de explotación comercial de este tipo de yacimientos en el mundo. Al reservar la explotación del litio para el Estado en 2022, México ha tomado una decisión estratégica bajo la premisa de que su aprovechamiento tendrá beneficios para la nación casi comparables con la nacionalización del petróleo. Sin embargo, la expectativa de que la explotación nacional del litio pueda representar una fuente de ingreso comparable con el hidrocarburo es muy optimista. Por el momento solo hay un yacimiento con reservas certificadas de litio en México, el de Bacadéhuachi en Sonora, donde la empresa dueña de la concesión ha tenido que invertir grandes cantidades de dinero y casi 10 años para identificar un depósito con concentraciones suficientes y establecer un proceso industrial que se considera viable de un punto de vista comercial. La posibilidad de que el litio en México pueda ser la base de una industria importante descansa en varios supuestos que al momento no están asegurados: a) la existencia de depósitos con suficiente ley y características químico-mineralógicas que permitan la elaboración de carbonato o hidróxido de litio con costos aceptables, b) una demanda sostenida que mantenga precios altos en las próximas décadas, c) la creación de una capacidad industrial de procesar el recurso de manera competitiva. El desarrollo de una industria del litio en México, además, se inserta en la política de integración desigual que persigue Estados Unidos, donde nuestro país se concibe como proveedor de materias primas y ensamblador de productos industriales para el mercado de ese país, como lo ha sido desde la firma del TLCAN y no es ahora cuestionado por la actual administración.

SE23-2

OBTENCIÓN DE LITIO A PARTIR DE PEGMATITAS DEL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Juárez Faustino

Instituto de Geofísica, UNAM
tino@igeofisica.unam.mx

Actualmente, la extracción de litio se hace a partir de tres tipos de depósitos minerales que contiene al elemento Li: salmueras, pegmatitas y rocas sedimentarias. Los depósitos de salmuera representan alrededor del 66% de los recursos de litio a nivel mundial y se encuentran principalmente en las salinas de Chile, Argentina, China y el Tibet. Dada su alta reactividad el litio se encuentra en la naturaleza combinado con otros elementos en rocas como alúmino-silicatos o como cloruro en salmueras. La extracción de litio en salares por un método evaporítico que consiste en la recristalización fraccionada de diversos cloruros bajo radiación solar y ulterior

precipitación de carbonato de litio. Por ser un método lento con efectos sobre el frágil medio ambiente por pérdida de agua y generación de residuos químicos se propone realizar un método basado en la selección específica de tamaño de partícula y un proceso mixto de flotación-lixiviación-electrobeneficio aplicado a pegmatitas de Oaxaca, Mex. Se inició el trabajo con la caracterización de la pegmatita obtenida en la localidad de Santa Rosa, Huitzo, Oaxaca. Se hicieron los siguientes pasos: a) Determinación de densidad de la pegmatita. b) Pruebas mineralógicas c) Análisis químico para determinar Li d) Se hicieron pruebas metalúrgicas Análisis granulométrico Grado de liberación Pruebas de flotación Pruebas de lixiviación Pruebas de electrobeneficio (en proceso) e) Análisis químico por Emisión Atómica para determinar el contenido de litio en cada etapa de las diferentes pruebas realizadas. En este trabajo se presentan los resultados parciales obtenidos hasta el momento, en donde se tiene que la cabeza de mineral tiene concentraciones muy bajas que oscilan entre 0.01 ppm y 0.5 ppm. Estos valores varían al realizar las pruebas de conminación encontrándose una distribución de la concentración de litio en función del tamaño de la partícula. En las pruebas de flotación se encontraron recuperaciones entre 30% y 56%, siendo notoria la presencia de otros elementos como tierras raras. Las pruebas de flotación continúan considerando algunas otras variables que permitan mejorar la ley del concentrado con objeto de facilitar el electrobeneficio propuesto para la obtención del litio, siempre considerando un bajo impacto al medio ambiente.

SE23-3

EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL LITIO EN MÉXICO

Vera Norberto

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
nrbrtrv@igeofisica.unam.mx

En este trabajo se aborda la importancia que tiene el litio en la economía global y principalmente en la de México, ya que este mineral posee un potencial significativo para su explotación, pero al mismo tiempo presenta muchas oportunidades y desafíos. La explotación del litio también trae consigo importantes impactos ambientales, tanto directos como a largo plazo, y los casos de estudio en países como Chile, Australia y China ofrecen lecciones valiosas. Las innovaciones tecnológicas en la extracción y procesamiento del litio están en marcha, con tendencias actuales y futuras que prometen mejorar la eficiencia y sostenibilidad en esta industria. En cuanto al mercado de litio, se observa un estado actual complejo con perspectivas futuras optimistas, particularmente en lo que respecta a la demanda de litio para baterías y otras tecnologías emergentes. Las implicancias económicas y geopolíticas de la dependencia del litio son profundas y plantean una necesidad de consideración estratégica en términos de economía y política internacional. En conclusión, los desafíos y oportunidades en la explotación del litio en México requieren una respuesta cuidadosa y coordinada. Las recomendaciones para políticas y prácticas sostenibles se presentan como fundamentales en la gestión de este recurso vital para el país, y deben ser implementadas con una mirada holística que tome en cuenta los aspectos ambientales, tecnológicos, económicos y sociales, así como las lecciones aprendidas de otros países que ya han avanzado en esta dirección. La adecuada gestión del litio podría posicionar a México como un líder en esta industria vital, fomentando tanto el crecimiento económico como la innovación tecnológica sostenible.

SE23-4

POTENCIAL DE RECUPERACIÓN DE LITIO DE CAMPOS GEOTÉRMICOS COMO FUENTE DE SUMINISTRO EN MÉXICO

Hernández Hernández Mario Alberto

Instituto de Geofísica, UNAM

malbher@igeofisica.unam.mx

La extracción de litio de depósitos geotérmicos ha llamado la atención como una fuente potencial para su uso en baterías para vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía. Las salmueras geotérmicas (agua salada caliente bombeada a la superficie para la producción de electricidad), pueden contener litio recuperable de cientos de metros bajo tierra. Un ejemplo es el área de Salton Sea en California (SSC), identificada como una rica fuente de salmuera geotérmica con un contenido significativo de litio, con un estimado de recuperación de hasta 15,000 toneladas métricas por año de carbonato de litio de una sola planta de energía geotérmica. Además, otros yacimientos geotérmicos como Cornualles en el Reino Unido también han mostrado potencial para altas concentraciones de litio en aguas geotérmicas. En el caso de México, la presencia de sistemas geotérmicos ha sido de vital importancia para el desarrollo energético del país, al contar con una gran cantidad de recursos geotérmicos debido a su ubicación en la zona del Cinturón de Fuego del Pacífico, permitiendo que el país se convierta en uno de los líderes mundiales en la producción de energía geotérmica en lugares estratégicos como Los Azufres, Cerro Prieto y Los Hornos, administrados por la Comisión Federal de Electricidad. Las concentraciones promedio en sistemas geotérmicos de baja temperatura que se han estudiado en este trabajo (manantiales de Puruándiro, la zona de Azufres-Araró en Michoacán, y de Acoaculco en Puebla), zonas que están ampliamente distribuidas en México, presentan valores medios de 0.61 mg/L y máximos de 4.88 mg/L, mientras que en las zonas geotérmicas de alta temperatura (Cerro Prieto, Tres Virgenes, Los Hornos y Los Azufres), los valores registrados, según literatura y estudios previos realizados en las zonas, presentan un promedio de 14.25 mg/L y un máximo de 62.90 mg/L. Si bien los valores reportados en zonas de baja temperatura no son prometedores, los de alta temperatura resultan de interés para una extracción directa en México, sobre todo en Cerro Prieto, donde las condiciones geotérmicas, geológicas y de depósitos resultan similares a los de SSC. Los esfuerzos de investigación y desarrollo para explorar la viabilidad de los métodos de extracción de litio de los depósitos geotérmicos se centran actualmente en un método prometedor mediante la extracción directa de litio o DLE, que involucra la extracción selectiva de iones de litio de salmueras geotérmicas a través de membranas de intercambio iónico o adsorbentes selectivos, existiendo otros métodos como la cristalización fraccional, en el que los iones de litio son concentrados y purificados a través del enfriamiento lento de las salmueras, junto con la adsorción mediante resinas de intercambio iónico, que se ha utilizado para recuperar el litio con resinas específicas de alta selectividad para el litio. Estos hallazgos resaltan el potencial de los yacimientos geotérmicos como una fuente valiosa de litio, lo que contribuye a un aporte adicional a la creciente demanda del litio a nivel mundial para satisfacer las necesidades de varias industrias asociadas.

SE23-5

EVALUACIÓN DE LA NORMATIVA DE EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y USO DE LITIO (LI) EN EL ESTADO DE PUEBLA, DESDE EL CONTEXTO JURÍDICO

Pérez Guevara Angela Yovana¹ y Muñoz Máximo Ignacio²¹Área de Geociencias Aplicadas DITCO BUAP²Responsable del Área de Geociencias Aplicadas DITCO-BUAP

angela.perezg@alumno.buap.mx

En México, fue en el periodo de 1983-1988 con el Plan Nacional de Desarrollo, que se plantearon estrategias para el buen uso de los recursos naturales, y como estos serían el motor de desarrollo para la economía. En el año de 1988 se crea la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que establece las bases para la gestión del medio ambiente. A nivel constitucional el Litio (Li) está regulado en el artículo 27 (también en la ley minera), ahora también en el organismo público descentralizado titulado Litio para México "Litio Mx" que permite regular su administración, la cadena económica, así como la explotación, exploración, uso y beneficio del Litio (Li) para la nación de forma general. Actualmente en México hay un puñado de yacimientos en exploración, en el Estado de Puebla, los yacimientos de Oriental, Chietla, etc., identificado por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) son objeto de investigación. A través de la creación de un marco regulatorio específico para el Litio (Li), podremos aprovechar mejor los recursos económicos que se destinan a la minería, reducimos el riesgo de las actividades ligadas a su explotación, además de fortalecer las regiones autóctonas del Estado de Puebla, mejorando las condiciones de empleo para las pequeñas y medianas empresas mineras que se puedan crear, de manera que se genere un entorno económicamente creciente. Por tal, es vital la creación de una Ley Estatal para regular el manejo de los yacimientos de Litio, de forma sustentable y sostenible. Aunque contamos con normas que regulan el equilibrio ecológico no se ha logrado reducir la degradación de suelo y recursos naturales, esto porque el tema ambiental no es favorecido por la política económica. En la actualidad existen muchos vacíos legales en lo que respecta a la minería y el cuidado ecológico (e. g., las condiciones de patios de acopio en petróleos enriquecidos con polimetálicos), que dificultan regular o sancionar de forma apropiada para mantener

el equilibrio ecológico. La normativa carece de un enfoque de carácter preventivo respecto a la conservación del ambiente y del desarrollo económico y social. Aún más grave, es que no da lugar a un marco legal que permita la inspección y seguimiento apropiado, una vez culminadas las operaciones mineras durante el proceso de restauración ecológica, donde de no cumplirse con el proyecto aprobado pueda existir una penalización económica severa que obligue compensar el daño. En esta investigación, se presentan los resultados de tesis en el área de Política Pública y Derecho Ambiental para la creación de una norma estatal en Puebla, para regular la exploración, explotación y uso del Litio (Li) que ayudara a desarrollar programas de gobierno estratégicos según la tipología y génesis de cada yacimiento mineral, favoreciendo la actividad económica de los actores locales y, mantener un manejo sustentable y sostenible del territorio sin comprometer la seguridad hídrica o alimentaria en cada región.

SE23-6

EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA DISPONIBILIDAD DE LITIO EN EL ESTADO DE PUEBLA

Muñoz Máximo Ignacio¹ y Pérez Guevara Angela Yovana²¹Responsable del Área de Geociencias Aplicadas DITCO-BUAP²Área de Geociencias Aplicadas DITCO BUAP/Facultad de Derecho

ignacio.munozmax@correo.buap.mx

Desde la creación de "Litio Para México (LitioMx)" a finales de 2022, que busca integrar y regular las reglas y conceptos a nivel federal en materia de exploración, explotación, uso y beneficio de la minería de Litio (Li), en Puebla, la Secretaría de Economía, convocó a realizar una evaluación acerca del conocimiento científico sobre la disponibilidad del Litio, a partir de lo publicado por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) que indica que existe Litio (Li) geolocalizado en los municipios de: Oriental, Tepeyahualco de Hidalgo, Chietla, Izúcar de Matamoros, Tehuiztzingo, Petlalcingo, Chila y Piaxtla. Lo anterior debido a que, de acuerdo con el plan estatal de minería del Estado de Puebla (SE, 2020) la minería a finales del 2020 reportó un valor de producción por \$ 216.12 millones de pesos de minerales metálicos (e. g., Oro, Plata y Hierro) y \$ 8 mil 814 millones pesos para no metálicos (e. g., Feldespato, Mármol, Barita), siendo un aporte del 0.36% al Producto Interno Bruto (PIB) a nivel nacional. Con la premisa de obtener Li de esos posibles yacimientos, debemos actualizar los programas de Reordenamiento Territorial y de Cambio de Uso del Suelo, sino además considerar la creación de un Ordenamiento Local que permita la regulación apropiada de cada territorio, según la naturaleza genética del tipo de yacimiento y concentración de minerales de Litio (Li), para disminuir el potencial impacto ecológico (que ocurre durante el proceso de extracción y beneficio), la minería ilegal y la contaminación de mantos acuíferos, buscando reforzar la autonomía de los pueblos autóctonos y nuestra propia identidad cultural como Estado. En esta investigación se presentan los resultados de la revisión realizada sobre el potencial de la disponibilidad de Litio (Li) sistemáticamente para los municipios de: 1) Tepeyahualco, 2) Guadalupe Victoria, 3) Chichiquila, 4) Oriental, 5) Izúcar de Matamoros, 6) Zapotitlán de Méndez y de Salinas, 7) Chiautla de Tapia, 8) Piaxtla, 9) Chila de la Sal, 10) Chietla, 11) Petlalcingo y 12) Tehuiztzingo. También se presenta una propuesta preliminar Económico Minera Integral para la exploración y manejo de estos territorios, que favorezcan la seguridad alimentaria, la seguridad hídrica y la economía familiar, sin perder la identidad cultural de los pueblos autóctonos.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Organizadores

Marina Manea

Rodrigo Pérez Luján

Andrés David Bayona Ordóñez

SE24-1

HERRAMIENTAS PARA DESARROLLAR HABILIDADES PROFESIONALIZANTES EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA - ENTRAR AL PENSAMIENTO SISTÉMICO DE LA TIERRA

Becerra Torres Eduardo¹, Bravo Pérez Oscar², Rodríguez Trejo Alejandro², De la Teja Peñaloza Mariana¹ y Ibarra Ortega Héctor Enrique²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM
becerra@unam.mx

Las carreras centradas en entender el Sistema Tierra han tomado una prioridad en la mayoría de los planes educativos nacionales e internacionales. La razón principal, es la esperada capacidad de estos profesionales para resolver problemas cruciales que enfrenta la sociedad global como cambio climático, degradación de los ecosistemas y la pérdida de la bio- y geodiversidad. Los mencionados problemas solo pueden ser abordados desde un enfoque complejo, que implica la visión de la Tierra como sistema de sistemas interpretada como una red insoluble de intercambios continuos de materia y energía. Estos retos profesionales planteados a los estudiantes de Ciencias de la Tierra implica que adquieran el Pensamiento Sistémico de la Tierra (Earth System Thinking, EST). El EST ha tomado una importancia central en los objetivos de enseñanza en el mundo. Sin embargo, enseñar esta visión holística y transdisciplinaria requiere un cambio profundo del sistema de enseñanza tradicional, monodisciplinar y unidireccional. El hacer que los estudiantes desarrollen las habilidades del EST es uno de los principales problemas en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Soltis et al., 2019). Hoy en día existen muchos trabajos de investigación en donde podemos encontrar información muy valiosa sobre nuestro planeta y sus sistemas. Sin embargo, no son abordados desde una perspectiva integradora, y no plantean experiencias pedagógicas que promuevan el aprendizaje activo-significativo. Adicionalmente, la construcción de un nuevo programa docente centrado en el EST, no solo estimula una línea de pensamiento innovadora también, dada su naturaleza para su enseñanza-aprendizaje, estimula habilidades enfocadas en el "saber hacer". Lo anterior genera en los estudiantes un perfil profesional atractivo y posible de adaptar a múltiples escenarios laborales. Es evidente que suministrar materiales que permitan adquirir habilidades profesionalizantes y el EST, requiere una inversión de tiempo importante. Por lo que la contribución de este trabajo es presentar herramientas que combinadas con estrategias didácticas permiten al docente en Ciencias de la Tierra estimular el aprendizaje activo, profesionalizante, sistémico y transdisciplinario. Particularmente, en este proyecto de innovación docente se han realizado actividades que promueven; el uso de sistemas de información geográfica combinados con información geoquímica, el aprendizaje con datos acoplado con modelos termodinámicos, y el uso de microcontroladores para adquirir datos geofísicos y ambientales. Las habilidades profesionalizantes estimuladas son el manejo de datos, resolución de problemas con instrumentos de monitoreo y medición, percepción escalar y espacial, y la integración transdisciplinaria geoquímica y petrográfica. Contextualizando estos conocimientos en una visión Sistémica de la Tierra.

SE24-2

LA COMUNICACIÓN SOCIAL EN EL EMPODERAMIENTO DE LAS GEOCIENCIAS

Martínez Gómez Jesús Daniel

Instituto de Geofísica, UNAM

comunicacion@igeofisica.unam.mx

Jesús Daniel Martínez Gómez Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria. comunicacion@igeofisica.unam.mx
Resumen En la actualidad es cada vez más común encontrarnos con un especialista de las Ciencias de la Tierra hablando de su tema de estudio frente a las cámaras de una televisora, o a través de los micrófonos de alguna radiodifusora de nuestro país. Esto gracias a la sensibilización que han provocado los diversos canales de comunicación a nivel global, en los que se abordan múltiples temas que atrapan el

interés de los diferentes sectores de la sociedad. Sin embargo, en las organizaciones académicas aún existe cierta confusión y no hay claridad respecto a las tareas y funciones de la Comunicación Social respecto a la Divulgación de la Ciencia. Por ello, en esta ocasión abordaré este tema para hablar de las características y funciones de la Comunicación Social como el proceso dinámico y complejo que es; así como del papel que desempeña en el empoderamiento de las Ciencias de la Tierra. Tomaremos como ejemplo al Instituto de Geofísica de la UNAM (IGEF-UNAM) debido a que representa a una de las diez entidades universitarias con más demanda de información, debido a que sus investigadores trabajan temas de alto impacto social y científico. Abordaré también la propuesta de Media Training y la importancia de realizar estos entrenamientos para los geocientistas, con el propósito de facilitar su actuación ante los diversos medios de comunicación. Palabras Clave: Comunicación Social, Divulgación, Media Training, Ciencias de la Tierra.

SE24-3

INNOVANDO LA OFERTA EDUCATIVA EN CIENCIAS DE LA TIERRA: LA UNIDAD DE EDUCACIÓN CONTINUA Y A DISTANCIA DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA

Medina Cabrera Arturo, Galicia García Anaid,
Barragán Manzo Ricardo y Núñez Useche Fernando

Instituto de Geología, UNAM

arturomedinac@gmail.com

La Unidad de Educación Continua y a Distancia del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UECD-IGL) surge como una herramienta para atender la necesidad imperante en el país de ofertas educativas de calidad que impulsen la actualización y especialización en temas de Ciencias de la Tierra, tanto a público general como a miembros de instituciones públicas y privadas. El objetivo de la UECD-IGL es lograr la actualización profesional en temas de vanguardia que incidan en los avances científicos y tecnológicos en temas relacionados con ciencias de la tierra; así mismo, su visión es ser un referente nacional e internacional a través del desarrollo de una oferta innovadora de capacitación, actualización y de transferencia de conocimiento que sea reconocida por su calidad académica y la pertinencia social de sus aportaciones. Es en este sentido que la UECD-IGL además de brindar conocimiento especializado para la actualización de un grupo específico de profesionales, también difunde el conocimiento hacia la sociedad a través de ofertas educativas dirigidas al público general. Con la finalidad de cumplir con estos objetivos de actualización profesional y la difusión del conocimiento, la UECD-IGL ha innovado en su modelo de gestión para mejorar la selección de propuestas. Este modelo incorpora varios canales de recepción y generación de propuestas con criterios de selección orientados a la atención de las necesidades académicas y empresariales. Por otra parte, la pandemia exigió una adaptación general de la sociedad, ocasionando que la interacción se realizara de manera virtual. Esto también se reflejó en la manera de impartir las ofertas educativas, causando que la gran mayoría se efectuaran en modalidad a distancia, lo cual tuvo especial impacto en el área de Ciencias de la Tierra por la naturaleza de los temas; sin embargo, la transición de vuelta a la modalidad presencial abrió las puertas a distintas opciones en las que se pueden impartir las ofertas educativas, permitiendo la innovación en estos mecanismos y el aprovechamiento de las ventajas de las distintas modalidades disponibles actualmente.

SE24-4

ENSEÑANZA DE CONTENIDOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA STEAM (CIENCIA, TECNOLOGÍA, ARTE, INGENIERÍA Y MATEMÁTICAS) PARA EL NIVEL SUPERIOR: UNA PERSPECTIVA PARA EL SIGLO XXI

Badillo-Avilés Shendel¹ y Sánchez-Beristain Francisco²¹Maestría en Enseñanza del Inglés como Lengua Extranjera, Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM
shendel@mail.com

En el siglo XXI, la educación superior se enfrenta al desafío de preparar a los estudiantes para un mundo en constante evolución, impulsado por avances tecnológicos y científicos. En este contexto, la metodología didáctica STEAM ha surgido como un enfoque efectivo para la enseñanza de contenidos de Ciencias de la Tierra, brindando una perspectiva interdisciplinaria que combina Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas. La metodología STEAM busca fomentar habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad al combinar conceptos de diferentes disciplinas en un solo proyecto o actividad. En la enseñanza de Ciencias de la Tierra a nivel superior, esta metodología ofrece numerosos beneficios. Primero, promueve una comprensión más profunda de los sistemas terrestres al integrar conceptos geológicos, climáticos, ambientales y tecnológicos. Además, STEAM fomenta la colaboración entre estudiantes con diferentes antecedentes académicos, replicando situaciones del mundo real en las que profesionales de diversas áreas deben trabajar juntos para abordar problemas complejos. La importancia de la metodología STEAM radica en su capacidad para preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI. A medida que el mundo enfrenta crisis ambientales, la comprensión de los procesos terrestres y la búsqueda de soluciones sostenibles son fundamentales. STEAM no solo brinda conocimientos científicos, sino que también desarrolla habilidades prácticas y pensamiento innovador. Los estudiantes no solo aprenden sobre la Tierra, sino que también aprenden cómo aplicar su conocimiento para abordar problemas del mundo real. En este sentido, los contenidos de Ciencias de la Tierra desempeñan un papel crucial. A medida que la población global crece y los recursos naturales disminuyen, comprender los procesos geológicos, la dinámica climática y la conservación ambiental se vuelve esencial. Los desafíos como el cambio climático, la gestión de recursos hídricos y la prevención de desastres naturales requieren una base sólida en Ciencias de la Tierra. Además, la exploración espacial y la búsqueda de energías renovables están intrínsecamente ligadas a estos contenidos, lo que subraya su relevancia en el siglo XXI. La enseñanza de Ciencias de la Tierra a través de la metodología STEAM puede tomar diversas formas. Por ejemplo, los estudiantes podrían diseñar modelos de sistemas climáticos utilizando software de modelado, combinando matemáticas y ciencias atmosféricas. Podrían crear instalaciones de arte que representen procesos geológicos a lo largo del tiempo, fusionando la expresión artística con la narrativa científica. Además, podrían desarrollar soluciones de ingeniería para mitigar los efectos de la erosión costera o diseñar sistemas de monitoreo ambiental utilizando tecnología avanzada. En conclusión, la metodología didáctica STEAM representa una herramienta poderosa para enseñar contenidos de Ciencias de la Tierra a nivel superior. Su enfoque interdisciplinario y práctico prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI al brindarles habilidades y conocimientos necesarios para abordar problemas complejos. En un mundo donde la comprensión de los procesos terrestres y la búsqueda de soluciones sostenibles son vitales, STEAM y los contenidos de Ciencias de la Tierra se unen para formar una combinación educativa invaluable.

SE24-5

NUEVA VERSIÓN DEL DIPLOMADO EN SISMOLOGÍA PARA PROFESORES DE BACHILLERATO

Bello Delia

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

delia@sismologico.unam.mx

El Diplomado en Sismología para profesores de bachillerato es un curso de 170 horas que ofrece una introducción a temas relacionados con la sismología (sismología básica, instrumentación sísmica, sistemas informáticos aplicados a la sismología y protección civil). Las primeras cinco generaciones comenzaron con conceptos básicos de física (mecánica, ondas e interior de la Tierra) y ejemplos de lo que podían ofrecer a sus alumnos en el aula. El contenido busca aplicar algunos de los aprendizajes y conceptos de los cursos de física en bachillerato a través del análisis de la información registrada en sismogramas. Además del material presentado a los participantes a través de una plataforma en línea, y durante las sesiones, trabajaron en un proyecto integrador, cuyo objetivo es prepararlos para el uso de sismógrafos y sus datos en sus clases e iniciar investigaciones científicas ellos mismos y sus estudiantes. Tenemos excelentes resultados; los maestros aprendieron y promovieron a sus estudiantes sobre sismología. Actualmente los programas de Física de la escuela bachillerato incluyen materias basadas en la sismología. El primer objetivo se cumplió. Actualmente, la sexta generación se lleva la nueva versión del Diploma. Nos dimos cuenta de que los conceptos básicos se podían enseñar con el tema relacionado con el interior de la Tierra y la sismología. También agregamos un nuevo módulo, protección civil. El Diplomado ha llegado a profesores de 20 colegios de la Ciudad de México

donde también se ha instalado un Raspberry Shake para integrar la Red Sísmica del Bachillerato. Los docentes participantes saben cómo extraer la información de esos instrumentos y pueden trabajar con sus alumnos. Estamos en la séptima etapa de implementación del proyecto. Para la siguiente etapa contamos con el apoyo del proyecto DGAPA-PAPIME PE107023 para la visualización de datos de Raspberry Shakes instalados en cinco colegios. Para ello instalaremos una pantalla y un mural interactivo de anuncios con información sobre temas básicos de sismología. La idea es involucrar a profesores y estudiantes en el diseño y producción de contenidos de este mural interactivo

SE24-6

RESULTADOS DE LAS PRÁCTICAS PROFESIONALES DE GEOFÍSICA EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE "EL ROSARIO", SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO, PARA LA PRESERVACIÓN DE PATRIMONIO CULTURAL

García Serrano Alejandro, Ortiz Osio Manuel, Velasco Lindero Miguel Ángel y Peña Gaspar Valeria

Facultad de Ingeniería, UNAM

agarcia@unam.mx

A través de las prácticas profesionales, los alumnos de la carrera de ingeniería geofísica de la UNAM se enfrentan a situaciones y problemáticas reales, en donde llevan a cabo proyectos haciendo uso de todas las herramientas y metodologías geofísicas brindadas durante la carrera. Los resultados proporcionan información para otras aéreas de aplicación con fines académicos y sociales. Dentro del plan de estudio se encuentran cuatro prospecciones fundamentales (gravimétrica y magnetométrica, sísmica, eléctrica y electromagnética), las cuales cuentan con prácticas de ingeniería aplicada a las Ciencias de la Tierra. Las clases están diseñadas para revisar tres aspectos importantes: instrumentación y logística del método, ejecución del levantamiento, y procesamiento de los datos. Estos conocimientos previos son reforzados en las prácticas profesionales. En este trabajo se describirá el procedimiento de enseñanza y su aplicación en una práctica profesional realizada en la zona arqueológica de "El Rosario" en el estado de Querétaro, donde se correlacionan las distintas técnicas para realizar una interpretación conjunta. Los resultados tienen un impacto social y cultural importante, ya que facilitan la evaluación de los arqueólogos sobre el estado de las estructuras o vestigios y con ello la preservación de la riqueza arqueológica de nuestro país.

SE24-7

SEMINARIOS DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA ENCIT, TIERRA SÓLIDA 2023, EN BÚSQUEDA DE UNA FORMACIÓN TRANSVERSAL PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS GEO-SOCIOAMBIENTALES

Fitz-Díaz Elisa¹, Albarrán Santos Marco Albán², Mora Palomino Lucy Natividad¹, Hernández Vergara Rogelio³, Zamora Martínez Olivia³, Cayetano Salazar Mario³ y Morales Casique Eric¹¹Instituto de Geología, UNAM²Posgrado en Ciencias de la Tierra³Instituto de Geografía, UNAM

fitzde@gmail.com

El plan de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra de la ENCIT contempla cuatro seminarios a partir del quinto semestre, con los cuales se propone reforzar el aprendizaje de I@S estudiantes aplicando conocimiento a la solución de problemas geológicos, sociales y/o ambientales. Los dos primeros seminarios enseñan a I@S estudiantes a identificar y contextualizar problemas, hacer un diagnóstico de estos, socializar estrategias de solución, presentar informes concisos y estructurados. En el tercer y cuarto seminario se enseñarán los pasos para desarrollar un proyecto, planear una propuesta, objetivos, alcances y resultados, estimar costos, desarrollar el proyecto, comunicar asertivamente la propuesta, y presentar el proyecto a diferentes públicos. En los seminarios II y III (semestres 2023-2 y 2024-1), el grupo de orientación en Tierra Sólida de mencionada licenciatura decidió analizar el problema de la escasez de agua en de dos comunidades indígenas rurales del oriente de Puebla: Los Reyes Metzontla y Xochiltepec. En ambas comunidades habitan integrantes de la casi extinta cultura Popoloca, cuya actividad principal es la alfarería y la agricultura. Debido a que en el área predomina un clima semiárido, el estrés hídrico es muy pronunciado a lo largo del año, con 4 a 5 meses de escasas lluvias, y 7 a 8 meses de sequía. Durante los meses de sequía el abastecimiento de agua proviene de norias y manantiales excavados artesanalmente, o en casos extremos de pipas que acarrean agua desde otras comunidades. A pesar de que estas comunidades dependen altamente de sus suelos y agua subterránea, hasta el momento no se han caracterizado los suelos, ni se ha hecho ningún estudio que permita comprender como funcionan sus acuíferos, se desconoce la calidad del agua que consumen, y no hay un manejo apropiado de los residuos urbanos. En otras palabras, como en todo el mundo la subsistencia y salud de sus habitantes depende del favorable funcionamiento de una zona crítica muy poco entendida. Por lo anterior, un grupo de instructores nos organizamos para enseñar (y aprender) en colectivo el funcionamiento de la zona crítica de Los Reyes Metzontla, Puebla. Para ello se integró un grupo de especialistas en Cartografía Geológica y Geología Estructural, Ciencias del Suelo y Ambientales y Geohidrología, con la intención de fomentar una formación transversal, profunda e integral en I@S estudiantes, de manera que al terminar con los seminarios cuenten con las herramientas y entrenamiento necesarios para

resolver problemas geo-socioambientales. Estamos satisfechos con los resultados de los dos primeros seminarios, los cuales sumaron 4 semanas de trabajo de campo que permitieron a l@s estudiantes aprender cartografía geológico-estructural, elaboración de secciones y columnas estratigráficas, análisis tectonoestratigráfico, análisis semicuantitativo de fracturas, levantamiento de perfiles de suelos, muestreo de agua, seguimiento de muestras para análisis de laboratorio, elaborar informes, resúmenes y carteles para presentar resultados en diversos foros. Los invitamos a ver los tres carteles que sintetizan la geología, así como avances preliminares de los análisis de suelos y agua, y juzguen ustedes mism@s los logros alcanzados.

SE24-8

CREACIÓN DEL ÁREA DE GEOCIENCIAS APLICADAS DE LA DITCO-BUAP Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA GENERACIÓN DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA Y TOMA DE DECISIONES TRANSDISCIPLINARIAS EN EL ESTADO DE PUEBLA

Muñoz Máximo Ignacio

Responsable del Área de Geociencias Aplicadas DITCO-BUAP

ignacio.munozmax@correo.buap.mx

La carencia de una división de Ciencias de la Tierra en el Estado de Puebla, ha generado una amplia cantidad de vacíos en los instrumentos de política pública, y la falta de toma de decisiones de forma asertiva, sobre el manejo del territorio y los recursos naturales, comprometiendo la seguridad hídrica y alimentaria en el Estado de Puebla. Debido a la recurrente solicitud a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, para la atención de problemáticas estratégicas fue que a través de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) se creó en la Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento (DITCO) el Área de Geociencias Aplicadas en 2019. Su formación comenzó en el año de 2016 y desde entonces se ha contribuido con la formación de recursos humanos a través de programas de Servicio Social (15), Prácticas Profesionales (15), seminarios, cursos, talleres, difusión social, todo ello derivado de proyectos de atención estratégica convenidos con los gobiernos Estatal y Municipal. La creación e instrumentación del área de Geociencias Aplicadas (que actualmente cuenta con equipos de geofísica terrestre básica, pruebas mecánicas, platina microtermométrica, etc.) se hizo con recursos propios derivado de la atención de los proyectos como: a) Plan Estatal Hídrico, Laboratorio de Auditoría Pública, Geolocalización de Residuos Sólidos Urbanos en México, Evaluación de las Condiciones Ambientales del Río Atoyac, Mapa de Peligros de Santa María Zacatepec-Socavón, etc.). Además en cada uno de los proyectos se ha buscado la generación de temas de tesis (licenciatura - 9, Maestría - 4, Doctorado - 1), además de buscar contribuir con el Plan de Desarrollo Institucional (PDI-BUAP) en la atención de problemas de interés Estratégico para el fortalecimiento económico de la región y el fortalecimiento de la economía familiar. Actualmente, el área contribuye activamente con las fundaciones de Green Carson y Fundación EXE en el programa Ciudadanos por el Río Atoyac.

SE24-9

PROPUESTA DE GEOSENDERO EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNAM COMO PROYECTO EDUCATIVO PARA LA ENSEÑANZA DEL GEOPATRIMONIO Y SU RELACIÓN CON LOS SERVICIOS AMBIENTALES

Ortega Larrocea María del Pilar¹, Guilbaud Marie-Noelle², Villegas Frida³, Gujiñón-Escobar Sebastián³, Segoviano-Antonio Eira³, Soto Dereck³, Hernández-Hernández Guadalupe³, Sánchez Itzel³, Huerta Thalia⁴, Tunal-Sánchez Nestor¹ y Cram Silke⁵

¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Licenciatura en Ciencias de la Tierra, UNAM⁴Licenciatura de Ingeniero Geólogo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí⁵Instituto de Geografía, UNAM

mpol@geologia.unam.mx

La Ciudad Universitaria de la UNAM alberga parte del geopatrimonio del derrame del cono volcánico de Xitle, ubicado al sur de la Ciudad de México en el campo volcánico de la Sierra del Chichinautzin. La mayor parte (c.a. 70%) de este derrame ha sido urbanizado. La UNAM resguarda en la reserva ecológica 270 ha en su campus sin que haya un reconocimiento explícito de que conservan más allá del biopatrimonio del matorral xerófilo. Debido a que este derrame es único en el mundo porque sostiene una vegetación endémica y además tiene lavas basálticas excepcionalmente bien expuestas, hemos generado una propuesta de conservación de pedregales que rodean a las partes selladas por infraestructura y modificadas por áreas ajardinadas y que no forman parte de la reserva y por lo mismo tienen un alto riesgo de ser destruidas por la urbanización, con el apoyo de los estudiantes del Taller "Conservación del Geopatrimonio en el campus de Ciudad Universitaria" que se imparte en la Licenciatura en Ciencias de la Tierra de la UNAM desde hace varios semestres. Los alumnos describen el geo-biopatrimonio de los pedregales para integrarlos en un recorrido (geosendero) con un enfoque educativo, que permitan percibir el paisaje volcánico que nos rodea y la necesidad de conservarlos porque aportan servicios ecosistémicos y bienestar de los seres vivos.

SE24-10

ECOCAMPUS VALSEQUILLO, BUAP, NUEVO SITIO DE INVESTIGACIÓN Y DIVULGACIÓN PALEONTOLÓGICA EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

Castañeda Carlos y Zepeda Memije Rodolfo Javier

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

carlos.castaneda@correo.buap.mx

La concentración del estado de Puebla de numerosos sitios fosilíferos de varias eras geológicas, lo convierte en un área excelente para la investigación paleontológica. Académicamente, estos estudios están bien representados; sin embargo, la paleontología está poco difundida y tiene un alcance limitado ante la sociedad Poblana. Los principales obstáculos para la comunicación científica incluyen la falta de espacios para desarrollar esta actividad y la inclusión del público en general. Como resultado de esta reflexión, una sección del ecocampus Valsequillo de la BUAP será rediseñada para dar cabida a la realización de esta actividad de difusión e investigación. Planteando como objetivo principal del nuevo laboratorio de paleobiología de Ecocampus-BUAP, servir como un espacio para la divulgación de las ciencias de la tierra, en particular de la paleontología. Traducir el lenguaje científico a una forma más comprensible y accesible para un público más amplio mediante la promoción de la integración a través de actividades. En colaboración, entre el laboratorio y las autoridades de Ecocampus-BUAP, se ha visitado a las comunidades locales para promover la protección del patrimonio fósil a través de actividades educativas como el curso de verano de paleontología de dinosaurios, talleres a escuelas o la jornada "un día en el Ecocampus" donde se ha atendido a más de 400 personas. También, se desarrolló el curso "Interpretación de sedimentos" para expertos relacionados con las ciencias de la tierra ó el Paleoworkshop de Rescate de material paleontológico. Por otro lado, en el Laboratorio se desarrollan investigaciones aprobadas por el Consejo Nacional de Paleontología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). El primer proyecto se centra en el estudio de los restos paleontológicos (vertebrados y polen) de la Cuenca de Valsequillo, y el segundo proyecto se centra en el estudio de los peces de la Cantera de San José de Gracia, Puebla. En resumen, la suma de esfuerzos de la administración del Ecocampus y los integrantes del Laboratorio de Paleobiología, que se encuentran desarrollando actualmente consolidará al Ecocampus como centro de investigación e intercambio de información relacionadas con la paleontología y las ciencias de la tierra. Palabras clave: Paleontología, divulgación, Puebla, Ciencias de la Tierra

SE24-11

EL OBSERVATORIO INTERACTIVO DE HUNDIMIENTO Y FRACTURAMIENTO (OIHFRA) EN LA UTOPIA DE SAN SEBASTIÁN TECOLOXITLÁN, IZTAPALAPA

Carreón Freyre Dora Celia¹, Basulto Luviano Raúl², Gutiérrez Calderón Raúl¹, Alcantara Durán Carlos³ y Cerca Martínez Mariano¹

¹Centro de Geociencias, UNAM²Alcaldía de Iztapalapa

freyre@geociencias.unam.mx

El Observatorio Interactivo de Hundimiento y Fracturamiento (OIHFRA) fue creado como un proyecto de colaboración entre el Centro de Geociencias de la UNAM y la Alcaldía de Iztapalapa (AI) de la Ciudad de México, apoyado por el CONACYT. Este proyecto se alinea con el programa UTOPIAS de la AI para generar espacios que permitan a las comunidades generar capacidades para el desarrollo individual y colectivo de sus pobladores. La UTOPIA Tecoloxitlán se ubica en un predio en el que se encontraban dos escuelas que fueron destruidas por el hundimiento y fracturamiento. El objetivo principal del OIHFRA es divulgar el conocimiento existente sobre los factores que condicionan el hundimiento y la generación de fracturas a la comunidad. Se pretende crear una cultura de adaptación a estos fenómenos para la mejora de resiliencia de los habitantes de la AI. El observatorio inició sus actividades en 2022 y comprende tres líneas de trabajo: (1) Presentar el conocimiento generado durante más de 15 años de estudio sobre hundimiento y fracturamiento en la AI a la comunidad local, de la Ciudad de México y del público en general; (2) Fomentar actividades artísticas y culturales que permitan transferir el conocimiento generado a la sociedad y fomentar el cuidado del agua en el entorno urbano y, (3) Generar información confiable sobre la deformación en superficie y en distintas capas del subsuelo mediante un sistema de sistema integral de monitoreo (SIMEDID) que permita asesorar a las comunidades afectadas por el fracturamiento para mejorar las técnicas de construcción y mitigación. En el OIHFRA se integra espacios para la divulgación de conocimiento mediante trabajo museográfico, para la impartición de talleres y charlas de divulgación y para actividades interactivas que permitan un acercamiento entre los habitantes de la zona y el medio geológico. Se cuenta también con espacio para la exposición de arte urbano, con una estación de monitoreo de deformación superficial y con dos sistemas de medición de deformación a 45 y 88 m de profundidad. Se puede encontrar más información en <https://oihfra.org>

SE24-12

CURSO INTERNACIONAL DE VULCANOLOGÍA DE CAMPO EN COLOMBIA: SIETE AÑOS DE HISTORIA

Murcia Hugo¹, Sánchez-Torres Laura², Botero-Gómez Alvaro² y Osorio-Ocampo Susana²¹Universidad de Caldas, Udc²Universidad de Caldas

hugo.murcia@ucaldas.edu.co

El Curso Internacional de Vulcanología de Campo en Colombia se lleva a cabo en la Provincia Volcano-Tectónica San Diego – Cerro Machín (PVTSC), una cadena volcánica ubicada en el segmento más norte del arco magmático actual, de los Andes del Norte. Este curso está dirigido a estudiantes de geología, ingeniería geológica y áreas afines a las ciencias de la Tierra de último año de carrera, a estudiantes de posgrado y a profesionales interesados en el área de la vulcanología. Las prácticas se llevan a cabo en estructuras y depósitos asociados a los volcanes Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Paramillo de Santa Rosa, Paramillo del Quindío, Nevado del Tolima, Cerro Machín, Campo Volcánico Monogenético Villamaria-Termale y Campo Volcánico Monogenético Pijaos, todos ellos parte de la PVTSC. El objetivo principal del curso es enseñar a reconocer las diferentes estructuras y depósitos volcánicos, tomando como laboratorio natural las expresiones volcánicas expuestas en la Cordillera Central Colombiana a ~5°N, enfocados principalmente en la PVTSC. Tales estructuras y depósitos, abarcan una gama completa de los productos volcánicos y volcanoclasticos tanto del vulcanismo monogenético como poligenético, incluyendo lavas y domos, depósitos de corrientes de densidad piroclástica (CDPs), de caída piroclástica, de avalanchas de escombros y de lahares. El curso se centra en entender la dinámica de generación de productos volcánicos desde una perspectiva genética a partir de observaciones de campo. De esta manera, se pretende que los participantes desarrollen la capacidad de reconstruir e interpretar historias geológicas en contextos de arcos magmáticos identificando diversas litologías, geometrias y estructuras de los productos volcánicos observados, lo que permite comprender los procesos volcánicos involucrados en su formación. Además de las actividades de campo, el curso fomenta la discusión entre participantes e investigadores invitados acerca de la aplicabilidad de la geología básica en la vulcanología como herramienta para entender la evolución de los volcanes en arcos magmáticos. Hasta la fecha después de siete ediciones, el Curso ha tenido gran acogida nacional e internacional contando con más de 150 participantes que han asistido al evento que se lleva a cabo anualmente.

SE24-13

THE NETWORK FOR AFRICAN VOLCANOLOGISTS: HACIA LA ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS Y LA PROMOCIÓN DE LA EDUCACIÓN Y LA INVESTIGACIÓN VULCANOLÓGICA EN ÁFRICA

Chako Tchamabe Boris

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT

boris.chako@gmail.com

Es un hecho que el vulcanismo africano sigue estando pobremente representado en la literatura académica. Esto se debe a varias razones, entre las que se encuentran la escasez de vulcanólogos y programas de vulcanología en los planes de estudios universitarios en África; la falta de apoyo financiero local para la investigación vulcanológica; la ausencia de instituciones gubernamentales, observatorios vulcanológicos y centros de investigación con una misión clara para el monitoreo y evaluación de peligros volcánicos; y la falta de fuertes vínculos y redes nacionales e internacionales para colaboraciones de investigación. Recientemente, un grupo de vulcanólogos africanos ha estado trabajando para establecer una Red de vulcanólogos africanos (NAV) que podría ayudar a fomentar una comunidad de práctica para abordar los desafíos anteriores y superar las limitaciones implícitas. El NAV está pensado para servir como una plataforma para que los investigadores del continente africano y de la diáspora se conozcan, interactúen fácilmente y compartan experiencias, lleven a cabo proyectos constructivos y contribuyan a colaboraciones internacionales en las Ciencias de la Tierra y el Espacio. El objetivo es desarrollar un foro para geocientíficos de países africanos y motivarlos a involucrarse en investigaciones de alto impacto, generar nuevos conocimientos aplicables a los volcanes africanos y en todo el mundo, promover los estudios vulcanológicos dentro de las universidades de todo el continente, mejorar la colaboración internacional genuina y la capacitación en vulcanología de forma sostenible y beneficiosa. El NAV también tiene como objetivo facilitar el acceso a datos y métodos para graduados, posgraduados e investigadores africanos en el inicio de su carrera. Para llevar este sueño a cabo, del 24 al 28 de julio del 2023, se organizó el primer congreso internacional en Kenia para oficializar la Red y darle un reconocimiento internacional. El evento fue financieramente apoyado por la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG), la Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra (IASPEI) y la Asociación Internacional de Sedimentólogos (IAS). Recibimos también el apoyo estratégico de colegas de la Asociación Latinoamericana de Volcanólogos (ALVO), la Red Internacional para la Colaboración en Vulcanología (IAVCEI-INVOLC), el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT) y la Dedan Kimathi University of Technology en Kenia, sede del congreso. Veinte personas se registraron para dar una charla, de los cuales 12 asistieron físicamente y 8 hicieron su presentación virtualmente. Para asegurar un foro grande, el evento tenía un formato híbrido lo que permitió la participación de más de 25

personas virtualmente. Diez países africanos estuvieron representados, incluidos: Camerún, República Democrática del Congo, Egipto, Etiopía, Costa de Marfil, Libia, Sudáfrica, Túnez, Tanzania y Kenia. Logramos también tener la participación de tres estudiantes presentadores y varios otros conectados en línea.

SE24-14

BIODIVERSIDAD ACTUAL A TRAVÉS DE LAS PLANTAS FÓSILES

Cevallos Ferriz Sergio R. S.¹, Hernández-Damián Ana Lilia¹, Rubalcava-Knoth Marco Antonio² y Huerta-Vergara Alma Rosa³¹Depto. de Geología, Instituto de Geología, UNAM²Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Geología, UNAM³División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM

scrcsfcb@unam.mx

Poco entendimiento y compromiso es evidente para la conservación de la biodiversidad actual por la sociedad y aún por el gobierno. Tristemente su valoración se restringe a la preservación de las especies, enfoque aunque correcto resulta en una aproximación parcial. Pocos esfuerzos explican su historia, los procesos detrás de cada especie y la forma en la que se relacionan, detalles que aclaran el origen de la amplia gama de especies con que hoy convivimos. El registro fósil evidencia la historia de esta gran biodiversidad, mostrando cómo las especies se diferencian en un momento, viven una temporada, y después desaparecen de variadas formas. Entender estos procesos del pasado resaltan que la biodiversidad actual representa tan solo un momento majestuoso y digno de respeto de una historia que comenzó hace ca. 4000 millones de años, misma que no hubiera llegado a nosotros sin la acumulación de cambios que se suscitaron a lo largo de estos millones de años. Estos cambios producto de procesos biológicos dinámicos hay que entenderlos como una sucesión de eventos que entretijeron relaciones de la química, física, y biología, dando un resultado apasionante, la biodiversidad. Poco se explican los procesos que derivaron en lo que hoy entendemos como vida, que se pueden ejemplificar con la aparición de los eucariontes, es decir aumentando la biodiversidad con organismos que sólo se reproducían, contra los que intercambiaban material genético a través del sexo. A partir de estos últimos se diferenciaron los organismos autótrofos y heterótrofos, es decir plantas y animales. O qué decir de los procesos que ayudaron a las plantas y animales a lograr una mejor administración del agua, dependiendo cada vez en menor grado de este líquido, es decir la evolución del huevo y la semilla. No menos significativo es la importancia del oxígeno y el carbono para la producción de raíces y hojas, pues en un principio las plantas carecían de estos órganos. En fin, es en estos procesos en los que tenemos que fijarnos para entender y proteger a la biodiversidad. En el Laboratorio de Paleobotánica del Instituto de Geología, UNAM, hemos generado Videos que explican momentos clave en la historia de la vida que han dado paso a la generación de especies nuevas, actualizando sus redes de interacción y que permiten entender mejor el origen de la biodiversidad de hoy. Queremos invitarlos a conocer la evolución de estos procesos, visitando el canal de Youtube @paleobotanica_igl.

SE24-15

MANUAL DE MODELOS EN 3D PARA LA ENSEÑANZA DE LAS GEOCIENCIAS

Dominguez Ramírez Luis Antonio¹, Zarate Pérez Pablo Ángel² y Haro Corzo Sinhué Amos Refugio²¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM²ENES, Unidad Morelia

ladominguez@igeofisica.unam.mx

Este proyecto consiste en el desarrollo de un manual de técnicas de modelado, visualización e impresión de modelos tridimensionales para la enseñanza de las geociencias. Hasta la fecha, muchos de los modelos utilizados en las Ciencias de la Tierra requieren de una representación tridimensional, tales como los modelos de gravedad, geoides, topografía, etc. En muchas ocasiones el uso de herramientas convencionales tales como los libros de textos, ilustraciones o presentaciones limitan su uso, visualización, comprensión e interpretación. Por este motivo, se propone un manual de prácticas orientadas a la ciencias de la Tierra que recopile varios de los conceptos comúnmente utilizados en diversas asignaturas comunes a las geociencias. Este manual consiste de una serie de tutoriales que contiene tanto la descripción teórica de los modelos a representar, como las instrucciones paso a paso del proceso de generación de modelos tridimensionales. Esto permite a los estudiantes y docentes interesados en estos temas ajustarlos a sus necesidades e intereses, promoviendo la generación de redes de intercambio de conocimiento. Además, se busca promover el uso de herramientas de modelado y con aplicación directa a las Geociencias.

SE24-16

USO DE “BINDER” PARA LA DIFUSIÓN Y REPRODUCIBILIDAD DE ANÁLISIS DE DATOS GEOFÍSICOS: CASO PRONÓSTICO DE DISPERSIÓN DE CENIZAS

Cruz Santiago Pedro Damián, Herrera Moro Dulce Rosario y García Reynoso José Agustín
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
 pdcs@atmosfera.unam.mx

Hoy en día existen diferentes servicios de internet y herramientas de software creados para cubrir aspectos específicos que se requieren para lograr la reproducibilidad en los trabajos de investigación; Github para el control de versiones, Docker para la creación y administración de contenedores, DOI identificador de objeto digital, Zenodo repositorio de acceso abierto de propósito general, Jupyter-notebook permite la ejecución de códigos en varios lenguajes de programación, Binder para crear entornos de ejecución (incluye dependencias) a partir de código publicado en repositorios, entre otros. En este trabajo se describe el uso de Binder para generar y compartir mediante el entorno de post-procesamiento utilizado para generar los productos del pronóstico dispersión de cenizas implementado en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. Binder funciona completamente con una infraestructura de código abierto. Sus dos herramientas principales son BinderHub, que es una herramienta de código abierto que implementa el servicio Binder en la nube, y repo2docker, que genera imágenes Docker reproducibles desde un repositorio git. El equipo de desarrollo de Binder ejecuta una implementación pública de BinderHub en mybinder.org como un servicio público gratuito para la comunidad. De las lecciones aprendidas durante el caso de estudio pueden ser utilizadas para orientar a los investigadores de cómo utilizar Binder para difundir sus propios trabajos de investigación compartiendo además de sus análisis, los datos utilizados para su desarrollo.

SE24-17 CARTEL

PROPUESTA DE CURSO DE CAPACITACIÓN SOCIAL "COMUNIDAD RESILIENTE: CONCIENCIA Y ACCIÓN ANTE LOS RIESGOS NATURALES EN LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO"

García Jocelyn y Ferrer Parra Vania
Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ
 jozygarcia79@gmail.com

Las geociencias han adquirido gran relevancia en el contexto actual, ya que nos permiten explicar y comprender numerosos fenómenos naturales e incluso sociales que ocurren en el mundo. Su difusión resulta crucial para avanzar en la investigación, pero su divulgación es aún más importante. Es fundamental compartir estos conocimientos de manera accesible para que aquellos sin experiencia previa en el tema puedan entenderlos. A menudo, las personas no carecen de información, simplemente no utilizan los términos o fundamentos adecuados para explicar y comprender lo que sucede en su cotidianidad. Por lo tanto, es esencial compartir, informar y educar a las comunidades para que puedan comprender cómo se comporta su entorno natural y social. En este mismo contexto, tras un sismo ocurrido en la Sierra Gorda de Querétaro, una zona con actividad sísmica poco conocida y entendida por sus habitantes, surgió una iniciativa para diseñar e impartir un curso de capacitación social denominado "Comunidad Resiliente: Conciencia y Acción ante los Riesgos Naturales en la Sierra Gorda de Querétaro" cuyo objetivo es brindar a la población los conocimientos, habilidades y herramientas necesarias para enfrentar los riesgos naturales de manera informada y organizada. Se busca informar a la población sobre las causas, características y comportamiento de los riesgos naturales presentes en la región. Al mismo tiempo, se pretende fomentar una cultura de resiliencia, capacitando a cada miembro de la comunidad para que estén preparados y puedan tomar acciones concretas frente a cualquier riesgo natural que se presente. El curso está pensado impartirse de manera presencial en los cinco municipios que conforman la Sierra Gorda del Estado de Querétaro: Peñamiller, Pinal de Amoles, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Arroyo Seco. Dichos municipios comparten condiciones geográficas pero cuentan con diversidad climática, así como de flora y fauna, propiciando una variedad en los tipos de riesgos que pudieran presentarse. El curso se dirige principalmente a jóvenes, estudiantes y prestadores de servicios turísticos ya que pueden cumplir un papel de liderazgo en caso de emergencia. Sin embargo, también se tiene en cuenta a la comunidad en general, ya que cualquier desastre puede afectarlos directa o indirectamente. El contenido del curso aborda una introducción a los riesgos naturales, para luego profundizar en temas como incendios forestales, deslizamientos de tierra, sismos e inundaciones, finalizando con técnicas de prácticas sostenibles y conclusiones generales. Estos temas se desarrollan en ocho sesiones, impartidas en un período de dos meses. Para hacer el curso dinámico e interactivo, se llevarán a cabo diferentes actividades, como estudios de caso, simulacros, análisis de mapas, talleres y mesas redondas, utilizando un lenguaje común para la transmisión del contenido. También se contará con la participación de expertos en diversas áreas como biólogos y geólogos, lo que enriquecerá la divulgación del conocimiento. Esta propuesta de curso tiene como objetivo realizarse próximamente y obtener resultados que puedan ser presentados en el futuro. La meta es contribuir a la creación de comunidades más informadas y preparadas para enfrentar los riesgos naturales en la Sierra Gorda del Estado de Querétaro.

SE24-18 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA COLECCIÓN PALEONTOLÓGICA DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA A 15 AÑOS DE SU CREACIÓN

Esparza Romero Yehoshua Yannkov¹, Tomás Mosso Azarael¹,
 Castañeda Posadas Carlos² y Zepeda Memije Rodolfo³

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Herbario y Jardín Botánico, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

³Ecocampus-Valsequillo, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

yeho_yann@hotmail.com

El laboratorio de Paleobiología de la BUAP, al establecer una Colección Paleontológica Estatal, tiene como objetivos el resguardar, conservar y preservar el material paleontológico para fines de investigación, docencia y divulgación. Los materiales principalmente serían del estado de Puebla y Tlaxcala, así como algunas piezas de otros estados con algún interés académico. El propósito de este trabajo es presentar el estatus actual de la colección paleontológica de la BUAP y mostrar los resultados a 15 años de su constitución. La metodología consistió en hacer una revisión de la situación de estudio y preservación de los ejemplares contenidos en la colección, hacer un análisis de la información del uso de los fósiles de la colección en tesis, servicio social, práctica profesional, publicación de artículos, intercambios, estancias y servicios de la comunidad. Como resultados, en la colección se tienen registradas 28 localidades y aproximadamente 2500 piezas en resguardo, de las cuales 754 están registradas en el INAH y las otras están en espera de ser registradas en el catálogo interno de la colección. De estas 754 piezas, 524 son de plantas que incluyen órganos como hojas, madera, frutos y flores; 189 son de vertebrados y 41 son de invertebrados. De todos estos, 33 son considerados en el estatus de tipos, 6 son holotipos de plantas (especies nuevas) y los otros 27 son lectotipos de vertebrados. Con el material de la colección, se han realizado 7 tesis que involucran 437 fósiles de plantas, vertebrados e invertebrados, de los cuales 358 son plantas, 47 son vertebrados y 32 son invertebrados. También se han realizado 16 servicios sociales y 4 prácticas profesionales en el proceso de curación del material paleontológico. Al ser una colección relativamente nueva, posee algunos problemas menores en cuanto al resguardo y la curación de los fósiles, situación que se está mejorando con la construcción del nuevo laboratorio en el Ecocampus-Valsequillo de la BUAP. Con la colección se han realizado 8 proyectos de investigación, teniendo actualmente un proyecto que busca reconstruir la sucesión de ambientes que existieron en la cuenca Puebla-Tlaxcala, que abarcan desde el Mioceno hasta el reciente. Si bien la colección es científica, existe también una parte dedicada a docencia y divulgación, la cual ha servido para impartir cursos y pláticas a numerosas escuelas de diversos grados académicos, permitiendo que se conozca el trabajo de la paleontología y su aplicación a la actualidad. En términos generales, la colección cumple sus objetivos planteados y funciona como un centro de divulgación de la labor de los paleontólogos, así como difunde la importancia del material paleontológico y el por qué preservarlo.

SE24-19 CARTEL

FOTOGRAMETRÍA DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE

Gradilla Martínez Luis Carlos¹, Hinojosa Alejandro², Arregui
 Ojeda Sergio Manuel² y Mastache Román Edgar Agustín²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

²CICESE

gradilla@cicese.mx

Topografía y ortomosaicos de alta resolución son insumos indispensables en estudios a escala local sobre procesos en la superficie y su relación con el subsuelo. Estos insumos se han vuelto populares en la comunidad geocientífica gracias al desarrollo tecnológico de los vehículos aéreos no tripulados (VANTs), al software para planeación de misiones de vuelo y para el procesamiento de las fotos aéreas que estos adquieren. En la división de ciencias de la Tierra (DCT) del CICESE se ha conformado un grupo interdisciplinario e infraestructura enfocados a generar ortomosaicos, y topografía de alta resolución para una amplia gama de proyectos utilizando diversas plataformas (multi rotor y ala fija) con diferentes sensores como cámaras RGB, infrarrojas, multispectrales y térmicas. Iniciamos en el año 2013 con geología forense en deslizamientos de laderas y con el tiempo hemos ampliado el espectro de estudios abarcando temas como mapeo escarpes de fallas en zonas tectónicamente activas, en la delimitación de anomalías geotérmicas, en estudios de la erosión en planicies de marea, estudios de vegetación anómala a lo largo de fallas, en estudios de recuperación de la vegetación después de incendios devastadores y la erradicación de cabras feras, estudios en praderas de pastos marinos en zona intermareal expuesta y su asociación con el carbón azul que secuestran. Estos estudios están asociados a proyectos de DCT y a temas de tesis de los estudiantes de nuestro posgrado. En este trabajo se presentarán las últimas zonas de vuelo e incluyen zonas de deslizamientos recientes en la ciudad de Tijuana, mapeo en las islas del golfo de California, mapeo en las planicies de marea del delta del río Colorado, las praderas de pastos marinos en el estero de Punta Banda. El objetivo es dar a conocer parte de nuestras actividades, herramientas e interactuar con las personas interesadas en el tema.

SE24-20 CARTEL

COLECCIÓN INTERNA DE MUESTRAS DE ROCA DE LA ENCIT, UNAM: CURADURÍA Y EVALUACIÓN DE SU USO EN ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Chaverria-Urrieta Joseph Uriel y Mejía-Luna Isabel

Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

josephchaverria@encit.unam.mx

Las actividades prácticas en materias introductorias a las Ciencias de la Tierra (CT) de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCIT) tienen un gran peso curricular según sus respectivos planes de estudio. Con el fin de contar con materiales didácticos funcionales en la ENCIT para las actividades prácticas de dichas materias, se curó una colección interna de muestras de roca con la cual los estudiantes de etapas básicas inscritos en los cursos introductorios a las CT puedan desarrollar habilidades fundamentales en las geociencias, como lo son la observación, descripción e identificación de tipos de rocas. La colección se curó con ejemplares in situ representativos de distintas clases de rocas (ígneas, sedimentarias, metamórficas, de yacimientos minerales y estructuras secundarias de deformación) donados por académicos y estudiantes de entidades académicas de la UNAM orientadas a las geociencias. Los ejemplares fueron seleccionados considerando su utilidad didáctica y, posteriormente, fueron georreferenciados para futuras consultas bibliográficas. Una versión en línea de la colección se puede encontrar en el repositorio digital de la ENCIT. Durante el semestre 2024-1 de la licenciatura en Ciencias de la Tierra (LCT) se realizó una evaluación de la utilidad de la colección, así como consultas de opinión sobre el interés de la comunidad académica de la ENCIT para la creación del material. La evaluación consistió en una serie de pruebas diagnósticas y sumativas que permitieron identificar (a) sesgos de aprendizaje en un grupo de estudiantes que no tuvo acceso a una colección formal para el desarrollo de actividades prácticas de identificación de tipos de rocas, (b) la utilidad didáctica de los ejemplares y (c) el desarrollo de habilidades de descripción e identificación de tipos de rocas en un grupo de estudiantes que tuvo acceso a los ejemplares de la colección creada para dichas actividades. Los resultados obtenidos en la evaluación, en conjunto con los resultados de las encuestas de opinión, demuestran la importancia de la creación y uso de colecciones internas de muestras de roca en escuelas orientadas a la enseñanza en CT en etapas básicas de formación.

SE24-21 CARTEL

NUEVOS TIEMPOS, NUEVOS RESULTADOS EN LA EDUCACIÓN CONTINUA DEL IGEF

Cortina Urrutia Lucila Margarita y Menéndez Gudiel Claudia

Instituto de Geofísica, UNAM

lcortina@igefisica.unam.mx

En este proyecto presentaremos los resultados más recientes realizados a partir de la nueva estructura organizativa de las unidades de apoyo académico del Instituto de Geofísica de la UNAM (IGEF-UNAM). Expondremos los talleres, cursos, seminarios, diplomados, organizados por el nuevo equipo así como los protocolos y reglamentos actualizados y enmarcados en la nueva Coordinación en la que está integrado el trabajo de Educación Continua. Mostraremos también algunas estadísticas que reflejan el desarrollo de la educación continua logrado hasta la fecha en el Instituto de Geofísica de la UNAM.

SE24-22 CARTEL

SEMINARIOS DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA ENCIT, TIERRA SÓLIDA 2023-II: CARACTERIZACIÓN GEOESTRUCTURAL DE LOS REYES METZONTLA, PUEBLA

Flores-Martínez Nadia Jazmin¹, Meza-Fematt David¹, Díaz-Castañeda Marina Itzel¹, Fitz-Díaz Elisa², Hernández Vergara Rogelio³ y Albarrán Santos Marco Albán³¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, ENCIT²Instituto de Geología, UNAM³Posgrado en Ciencias de la Tierra
nadiaflores@encit.unam.mx

El presente proyecto busca un entendimiento de la geología en un área como punto de partida para la solución de problemas geosocioambientales. En este caso, se eligieron las poblaciones de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, localidades donde el estrés hídrico limita la obtención de este recurso desde niveles subterráneos, lo cual propicia el protagonismo geológico para el estudio de la zona crítica e hidrogeología. En una jornada de 19 días de campo durante el mes de Enero del 2023, se realizó un mapeo geológico y estructural a escala 1:25'000 que permitió establecer la ubicación y geometría de las principales litologías y estructuras geológicas. Estas se proyectaron en un mapa topográfico, a partir del cual se definieron los polígonos de cada litología, y elementos lineales correspondientes a diferentes estructuras mayores (fallas y pliegues). Además, se registraron datos de estratificación, foliación, lineación y fracturas. A partir del mapa se elaboró e interpretó una sección geológica compuesta con orientación general NE-SW, transversal a las estructuras dominantes. Considerando las relaciones de contacto entre distintas litologías se sintetizó una columna estratigráfica. Finalmente, se

analizaron diversos datos estructurales en redes de proyección estereográfica, y considerando la estratigrafía (discordancias) se identificaron los principales eventos tectónicos que afectaron esta región. En general, se identificaron seis grupos importantes de rocas: rocas del basamento cristalino formado por granitoides neoproterozoicos, y metasedimentos pérmicos; lechos rojos del Pérmico-Triásico?; lechos rojos del Jurásico; calizas y areniscas cretácicas marinas; depósitos volcánicos e intrusivos dacíticos del Paleógeno. Considerando la deformación de cada uno de estos grupos, las discordancias angulares entre ellos, y su edad estratigráfica, se lograron distinguir los siguientes eventos de deformación: metamorfismo y acortamiento (?) durante la Orogenia Zapoteca, cizallamiento dextral (NW-SE) y acortamiento durante la Orogenia Calpetense; se infiere extensión y fallamiento lateral orientado NW-SE (?) en el Pérmico-Triásico (?); extensión en dirección NE-SW durante el Jurásico, acortamiento oblicuo (NE-SW) asociado con fallas dextrales orientadas hacia el NW-SE, durante el Cretácico Tardío-Paleógeno (?), y fallamiento normal durante el Neógeno (?). La fábrica heredada del basamento cristalino predispone su reactivación como fallas con orientación NW-SE en las unidades litoestratigráficas que lo sobreyacen, así como la acumulación de fracturas extensionales con diversas orientaciones en el tiempo. Esto último, creemos que puede tener un impacto significativo en la permeabilidad y porosidad de las rocas en la región e influenciar los sistemas de flujo locales y regionales, así como facilitar procesos de interacción fluido roca que modifiquen la composición química y por lo tanto la calidad del agua en ciertas litologías. Esto último es analizado y presentado en el siguiente cartel.

SE24-23 CARTEL

SEMINARIOS DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA ENCIT, TIERRA SÓLIDA 2023-II: ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO PRELIMINAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE FLUJOS DE LOS REYES METZONTLA, PUEBLA

Vásquez-Vieyra Juan Manuel¹, Gutiérrez-Pérez Jeeny Wendoline¹, Carrillo-Albarrán Emiliano¹, Gutiérrez-de la Garza Rocío Citlali¹, Hernández Vergara Rogelio² y Morales Casique Eric²¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, ENCIT²Instituto de Geología, UNAM

juanvazquez@encit.unam.mx

Debido a las características climatológicas de la microcuenca en la localidad Los Reyes Metzontla, dadas por su ubicación geográfica y forma de relieve, se clasifica como una zona semidesértica. En el área no existen corrientes de agua superficial perennes, por lo que las principales fuentes de abastecimiento en la zona son pozos, norias y manantiales. El sustento de los pobladores se encuentra a expensas de la recarga de los acuíferos, por lo que la obtención del líquido vital es una problemática durante la mayor parte del año. Por tal motivo, el presente trabajo pretende realizar una evaluación de los acuíferos de la zona y la calidad del agua. La microcuenca estudiada tiene forma de herradura con una vertiente al norte, e incluye los poblados de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec. Se realizó un muestreo sistemático de pozos, norias y manantiales, donde se midieron parámetros físico-químicos: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, concentración de oxígeno disuelto y temperatura, así como el nivel piezométrico y altitud de cada sitio. Se elaboró un mapa de equipotenciales hidráulicos mediante interpolación por krigeado. Adicionalmente, se midió la orientación, intensidad y espaciamiento de fracturas de las rocas en cada manantial. El mapa sugiere que el flujo de agua subterránea está dominado por la gravedad y fluye siguiendo la dirección de la pendiente hasta llegar a la parte baja de la cuenca, virando a una orientación NW-SE con sentido hacia el NW. Las muestras de agua fueron analizadas para iones mayores. Los resultados muestran que en la mayoría de los sitios el agua es bicarbonatada con una mezcla de tipo magnésica y cálcica, el resto de las muestras es de tipo sulfatada magnésica; por lo que no hay predominancia clara de un catión sobre otro. Sin embargo, en el perfil de aniones, hay una predominancia de sulfatos y bicarbonatos; aunado a bajos contenidos de cloruros. Además, se compararon los iones mayores con los límites permisibles en diferentes estándares de agua potable en Latinoamérica donde se determinó que los sitios de muestreo que sobrepasan estos límites son las norias que se ubican en el centro del poblado de Los Reyes Metzontla y son de uso cotidiano. Las norias y manantiales se localizan tanto en rocas fracturadas como sobre las trazas de fallas o intersecciones entre ellas. Los análisis de orientación e intensidad de fracturas muestran que las rocas del basamento, ubicadas en la parte baja de la cuenca, presentan el fracturamiento más intenso comparado con las rocas que lo sobreyacen. Las fracturas tienen orientación preferencial NW-SE, por lo cual muy probablemente condicione la dirección del flujo de agua a escala local o regional. En este trabajo se presenta una interpretación preliminar de los patrones de flujo y calidad del agua subterránea de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, debido a que este proyecto se desarrollará más ampliamente en el Seminario IV. No obstante, consideramos importante presentar estos avances para establecer su conexión con la geología levantada durante los seminarios II y III.

SE24-24 CARTEL

SEMINARIOS DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA ENCIT, TIERRA SÓLIDA 2024-I: DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELO EN CAMPO EN UNA LITOSECUENCIA DE ZONAS SEMIÁRIDAS EN LOS REYES MEZONTLA, PUEBLA

Gutiérrez-de la Garza Rocío Citlali¹, Martínez-García Ana Sofía¹, Martínez-Campuzano Uriel Alberto², Mora Palomino Lucy Natividad² y Cayetano Salazar Mario³

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, ENCIT

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Geografía, UNAM

rociogutierrez@encit.unam.mx

La variabilidad de los suelos en el espacio depende de los factores de formación; en climas semiáridos el desarrollo de los suelos tiende a tener propiedades similares por lo que frecuentemente son menospreciados por sus características discretas. Entender estas características requiere de un trabajo multidisciplinario que permita reconocer la distribución de los factores que definen los cambios en las propiedades. El seminario es un espacio docente que permite estudiar y conocer la distribución de los factores formadores, de esta manera es posible reconocer los suelos y su importancia en la zona crítica. En este estudio rescataremos la riqueza edafológica de Los Reyes Metzontla, Puebla el cual es un lugar en donde colindan diferentes litologías en distancias cortas. Esta área abarca rocas metamórficas, sedimentarias (continentales y marinas) y depósitos piroclásticos e intrusos andesíticos, en un clima semiárido. La descripción de suelos se llevó a cabo a partir de un estudio sistemático en el cual se levantaron 28 perfiles de suelo ubicados estratégicamente, a partir de una cartografía geológica previamente realizada, para representar los cambios fisiográficos y la diversidad litológica del área de estudio. Los suelos fueron descritos en campo utilizando el manual de descripción de Siebe (2016). Las profundidades varían entre 1.5 metros a 15 cm dependiendo la posición fisiográfica que gobierna el grado de desarrollo edáfico. Se identificaron colores pardo oscuros en los horizontes superficiales, debido a la acumulación de materia orgánica, mientras que en los horizontes subsuperficiales varían desde tonos pardo amarillentos, oscuros, grises y rojizos. Esto refleja la diferencia de grado de desarrollo de los suelos y el material parental. El color del suelo se encuentra ligado a la diversidad litológica del área de estudio. Los suelos oscuros se localizan sobre las calizas de las superficies cumbreles y ladera altas; los suelos rojizos en los depósitos volcánicos y presentando tonalidades más intensas en la arenisca conglomerática roja; los pardo amarillentos en las turbiditas al norte de la localidad; y por último los pardos en el granito y la arenisca en la parte central de la cuenca. Los valores de pH más altos se encontraron en los suelos desarrollados a partir de rocas carbonatadas (pH entre 6.0 a 7.21) y los más bajos en rocas volcánicas (pH entre 5.96 y 6.61). Igualmente se observó una correlación entre la granulometría del suelo y su material parental. Los suelos con tendencia texturas arcillo-limosas se encontraban en los esquistos del basamento cristalino y las litologías calcáreas. En contraparte, los suelos con texturas arenosas se encontraron en el granito y en las areniscas. Se identificó que las principales diferencias en sus características edafológicas fueron en la profundidad, color, pH y concentración de carbonatos. Con base en las propiedades de los suelos descritos en Los Reyes Metzontla se identifica que la litología, la posición en el relieve y el uso de suelo son los principales factores de formación que definen la variabilidad de los suelos en el espacio.

SE24-25 CARTEL

LA EXPLORACIÓN PETROLERA EN AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO, UN ESTUDIO CUALITATIVO

Gámez Mora Mariana¹, González Guevara José Luis¹, Martínez Mirón Yleana Claudia¹, González Hernández Julio César¹, Vera Zeller Marco Alejandro¹, Almanza Mosqueda Rodolfo², Aguilar Periañez Sandra¹, Castillo Pensado Juan Luis¹, Mejía Pérez José Alfredo¹, Alonso Ruiz Francisco Martín¹ y Juárez Torres José Ángel¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

²Independiente

marianagamez14@gmail.com

En virtud de que la extracción de petróleo somera ha ido disminuyendo, se ha tenido la necesidad de buscar más profundo, para poder satisfacer las crecientes necesidades en relación a las demandas de una sociedad altamente consumista. Es por ello que las Aguas Profundas (AP) son un recurso que México podría aprovechar de mejor manera, para aumentar la producción, con los beneficios y retos de toda índole que esto implica. El presente trabajo tiene como finalidad estudiar e investigar sobre la región de AP, establecida por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), y que se ubica en el Golfo de México, para conocer el contexto actual de la exploración petrolera, los recursos prospectivos y las características de los pozos perforados, como una investigación documental del tipo cualitativo. Para lograr dicho propósito, se utilizarán datos, principalmente, de la CNH. Así mismo, se realizaron visitas al cuarto de datos del Centro Nacional de Información de Hidrocarburos (CNIH), de donde se obtuvo valiosa e importante información. En esta oportunidad se presentan los datos y conclusiones más relevantes de la investigación, considerando algunas restricciones propias del tipo de información que se maneja. Palabras clave: Aguas profundas, Hidrocarburos, Comisión Nacional de Hidrocarburos, exploración petrolera, Golfo de México.

SE24-26 CARTEL

VOLCÁN PARICUTÍN CON SISTEMAS COMPUTACIONALES DE GEOFÍSICA: 80 ANIVERSARIO DE SU NACIMIENTO

Salazar Peña Leobardo, Galaviz Alonso Sergio Alberto, Hernández Osoy Ariadna, Castillo Rodríguez Keila, Mejía Cisneros Nohemí, González López Martina, Zenteno Jiménez José Roberto, Romero Espejel Héctor y Salinas Cid Pablo

Instituto Politécnico Nacional, ESIA Ticomán

lsalazar@ipn.mx

En el año 1943 tuvo lugar en México el nacimiento del volcán Parícutín en el Estado de Michoacán, región San Juan Parangaricutiro. El evento se caracterizó por fases de interés que abarcaron el ámbito científico, social y hasta cultural. Estas fases en la actividad volcánica pudieron ser redactadas o reportadas con detalle. Lo anterior permite computarizar el suceso. Este trabajo tiene como objetivo, generar material digital de divulgación sobre el nacimiento del volcán Parícutín, mediante graficación, animación, geoestadística y modelación. La metodología emplea siempre programación, desde las manipulaciones o adaptaciones previas para lograr la graficación terrestre. Igualmente se emplea para escribir comandos de graficación variable para obtener las animaciones en videos. Las aplicaciones de geoestadística y de modelación, se logran empleando códigos propios del grupo de trabajo. Las representaciones y animaciones computacionales resultantes para el Parícutín, siguieron una secuencia según el proceso eruptivo. Partieron desde la inexistencia del volcán, progresando según su erupción, en el edificio volcánico y el derrame de lava. Todo lo anterior con la información y reportes disponibles. La consideración de otros elementos como la iglesia, casas, árboles y otros, conllevó a representaciones computarizadas para considerar otras visualizaciones. Un caso especial fue la analogía del término geofísico residual, que para este caso se denominó residual de relieve. Representa sólo al Parícutín y su derrame en 3D. La aplicación geoestadística se orientó a la emisión de fumarolas durante el proceso eruptivo principalmente. La modelación computacional fue adaptable a la ocurrencia de sismos. En este caso, existen particularidades debido a la poca cobertura de estaciones sismológicas para ese tiempo. En las adaptaciones de divulgación, es posible dar un enfoque social-cultural al trabajo. En divulgación, es posible consultar algunos avances en el sitio: <https://www.esiatic.ipn.mx/geofenomenos/>

SE24-27 CARTEL

ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES EN CANADÁ Y MÉXICO, UN PRODUCTO FINAL DEL DIPLOMADO EN HIDROCARBUROS

De los Santos Martínez María Fernanda, Vera Zeller Marco Alejandro, González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Lira Chino Ángel, González Hernández Julio César, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo, Alonso Ruiz Francisco Martín y Juárez Torres José Ángel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

ferdesama@gmail.com

En el presente trabajo se analiza el papel que han tenido los métodos de recuperación avanzada en Canadá, que han permitido su posicionamiento dentro de los tres primeros lugares de producción petrolera, aun cuando los hidrocarburos que predominan dentro del país son las arenas bituminosas. De manera paralela se examina el trabajo que se está haciendo en México en cuanto a los métodos de recuperación que se están utilizando para la extracción de crudo en yacimientos no convencionales. Se caracterizan los métodos involucrados que han evidenciado la realidad de los países de estudio, siendo estos 1) térmicos: Drenaje gravitacional asistido por vapor, Estimulación cíclica con vapor (CSS), Toe-To-Heel Air Injection (THAI); 2) Químicos: ASP (Alcalino- Surfactante- Polímero) y mejora del bitumen y gases miscibles. Los métodos de recuperación térmicos desarrollados en Canadá han permitido aumentar su factor de recuperación hasta 75%; mientras que en México no se están aprovechando los hidrocarburos no convencionales.

Sesión especial

AVANCES DE EXPERIMENTOS FÍSICOS EN GEOLOGÍA

Organizadores

Dora Carreón Freyre
Mariano Cerca Martínez
Vania Ferrer Parra

SE25-1

PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS VALORES DE PERMEABILIDAD (K) DE ROCAS CON BASE EN EL USO CORRECTO DEL PERMEÁMETRO DE GAS

Pola Antonio, Sereno Villaseñor Hugo, Rivera Calderón Elizabeth,
Castro Colín Amador y Campos Granados Angélica Sarai
Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia
antonipolavilla@gmail.com

Actualmente, existe una creciente demanda de mediciones petrofísicas, hídras y mecánicas de especímenes de roca en laboratorio, básicamente por la rapidez con la que se pueden hacer las mediciones. En el caso de la medición de la permeabilidad, el principal inconveniente es la falta de representatividad a gran escala: los valores obtenidos representan la permeabilidad de la matriz o roca intacta y dejan fuera o no consideran las cavidades y las fracturas; sin embargo, la información que resulta de los experimentos es muy importante si consideramos que la gran mayoría de los recursos se encuentra alojada en la matriz. La propuesta de este estudio es medir los valores de la permeabilidad de diferentes rocas con base en el uso adecuado del permeámetro de gas GasPermProd modelo Ap-123-002-0 e implementación del procedimiento técnico certificado (ISO9000:2015). El permeámetro de gas en estado estacionario determina la permeabilidad de la roca a temperatura ambiente y presión de confinamiento en virtud del método de estado estacionario. Implica un flujo constante de gas a través de la muestra. El gas se inyecta a diferente presión y caudal de acuerdo con las características físicas de cada roca. El cálculo de la permeabilidad se deriva de la ley de Darcy, la cual supone un flujo laminar horizontal ideal de gas bajo condiciones isotérmicas y en estado estacionario. Para tener en cuenta el efecto de Klinkenberg (la permeabilidad de los gases en un núcleo de roca siempre es mayor que la permeabilidad de un líquido), se construye una gráfica bajo las siguientes características conocidas: Si la permeabilidad de los gases obtenida a diferentes presiones se grafica contra la presión media recíproca ($1/P_m$), una línea recta debe poder trazarse a través de los puntos (cinco). La permeabilidad del líquido se obtiene mediante la extrapolación de esta línea a una presión media infinita que se interseca con el eje de permeabilidad al gas ($1/P_m = 0$). Los resultados se muestran en gráficas de permeabilidad – diferencial de presión, su distribución se encuentran estrechamente relacionada con otras propiedades físicas, principalmente con los valores de la porosidad efectiva y características particulares de cada espécimen, como el contenido de fracturas y su estado (relleno, apertura, recristalización de minerales secundarios).

SE25-2

RELACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y ACÚSTICAS COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR LA POROSIDAD CRÍTICA DE IGNI MBRITAS POROSAS

Sereno Villaseñor Hugo Iván¹, Pola Antonio¹ y Vega Ruiz Sandra D.²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

hugoivansereno@gmail.com

Desde el siglo pasado, en laboratorio, se han implementado experimentos de propagación de ondas acústicas en especímenes de roca, para estudiar a detalle la relación que existe entre distintas propiedades físicas, elásticas y mecánicas. Así como, la disposición de los fluidos y grado de saturación de la roca. La porosidad (#) es una de las principales características físicas que se estudia con ondas acústicas. Sus propiedades como la geometría de los poros y su distribución intervienen en la transmisión de onda. En este sentido, la porosidad crítica (#c), se basa en el concepto de una porosidad límite, que cuando es superada, cambia el comportamiento de las ondas acústicas a una suspensión de granos en un dominio de carga de fluido. Se subraya que, #c es utilizada en distintos modelos empíricos y límites del medio efectivo. Por otro lado, algunas de las ventajas de la transmisión de onda acústica son la obtención de propiedades de manera indirecta y no destructiva, así como la posibilidad de llevarse a cabo en paralelo con otro tipo de experimentos, como la compresión simple. Sin embargo, el procesamiento y depuración de datos ha sido motivo de discusión, así como, el proceso experimental, que incluye, el correcto acople de los transductores al espécimen de roca y su verificación. La lectura de los arribos de onda (P y S) se puede realizar con distintos

métodos: automáticos, semiautomáticos y manuales, estos últimos pueden conducir a incertidumbres derivado de la interpretación de formas de onda. Así mismo, es necesario verificar los equipos (transductores) en distintas condiciones (esfuerzos) para restar los tiempos de retraso experimentales. En el presente trabajo, realizamos la caracterización de cincuenta especímenes cilíndricos de ignimbritas porosas [porosidad total (#t) > 25%]. Todos los experimentos de laboratorio fueron realizados bajo estándares internacionales ASTM y UNE. La caracterización incluye: la obtención de la densidad real (#r) por intrusión de helio, densidad aparente (#b) porosidad total (#t) y efectiva (#o) y la distribución de tamaño de poro por intrusión de mercurio. Para la medición de ondas acústicas se implementó el transductor GDS AV de 1MHz montado en la prensa de carga GDS 250kN. Así mismo, se elaboró un código en lenguaje Python implementando la librería Obspy, para el análisis de onda que incluye el cálculo semi-automático de los tiempos de arribo, aplicando corrección instrumental, filtros pasa-banda y la transformada de Fourier. Se concluyó que existe una relación estrecha entre las propiedades acústicas y físicas. Se encontraron dos tipos de distribuciones de poro, aunque, otras características como la relación de aspecto de los poros, pueden gobernar el comportamiento acústico de las rocas en estudio. Finalmente, #c de las ignimbritas porosas se encuentra en el rango del 60%, quizá, relacionado con la deposición anterior al soldamiento de las rocas.

SE25-3

EVOLUCIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE ROCAS VOLCÁNICAS GRANULARES BAJO DIFERENTES RÉGIMENES DE ESFUERZOS CON BASE EN PRUEBAS TRIAXIALES Y SIMULACIONES NUMÉRICAS

Rivera-Calderón Elizabeth¹, Pola Villaseñor Antonio¹ y Domínguez-Mota Francisco Javier²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

ecalderonzr@comunidad.unam.mx

El estudio de la permeabilidad de las rocas es un factor importante en el transporte de fluidos, principalmente en el flujo de agua subterránea, en la inyección de agua para la extracción de hidrocarburos y en los yacimientos geotérmicos. Para evaluar el comportamiento de la permeabilidad de las rocas, es importante considerar las cargas externas a las que se encuentran sometidas a profundidad. Por lo tanto, además de la interacción fluido-roca, es necesario integrar las fuerzas mecánicas externas que intervienen en estos tipos de fenómenos de transporte. En este trabajo, se realizaron pruebas mecánicas de laboratorio en especímenes de rocas de ignimbrita con textura granular y bajo grado de soldamiento. Las muestras fueron sometidas a diferentes esfuerzos axiales y de confinamiento utilizando una prensa de carga GDS. A partir de los resultados de laboratorio, se construyó una base de datos con las propiedades físicas y mecánicas, con la finalidad de obtener una parametrización de los especímenes, necesaria para la verificación de un modelo numérico. En la simulación de pruebas uniaxiales y triaxiales se utilizó el software PFC (Particle Flow Code) basado en el Método de Elementos Distintos o Discretos. Por medio de este programa se construyen los especímenes constituidos por partículas esféricas que interactúan entre sí. PFC simula el movimiento independiente (traslación y rotación) y la interacción en los contactos de las partículas rígidas basándose en una fuerza y un momento internos. Los modelos obtenidos en PFC son verificados con los resultados de laboratorio y comparados mediante gráficas de esfuerzo-deformación. Posteriormente, el modelo creado en PFC es exportado a TOUGH2 ("Transport Of Unsaturated Groundwater and Heat") para acoplar el fluido al sistema y considerar las fuerzas mecánicas externas. El conjunto de códigos de software TOUGH son modelos numéricos multidimensionales para simular el transporte acoplado de agua, vapor, gas no condensable y calor en medios porosos y fracturados. En este paso se evalúa el comportamiento mecánico del espécimen y la evolución de su permeabilidad. Los resultados obtenidos reflejan una dependencia directa de la permeabilidad con la distribución de la porosidad, el tamaño de las partículas, la textura de la roca y la estructura de su red de fracturas. Esto ayuda a conocer el comportamiento de la interacción del fluido-roca y puede ser la base para estudios en yacimientos geotérmicos, petroleros o en los acuíferos subterráneos. El estudio en su conjunto permite determinar la dependencia y sensibilidad de microparámetros físicos de los especímenes de roca en las simulaciones numéricas.

SE25-4

ANÁLISIS DE LA VARIACIONES DE COMPRESIBILIDAD EN LOS SEDIMENTOS LACUSTRES DE CIUDAD DE MÉXICO, REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE GEOSISTEMAS (LAMG) DEL CENTRO DE GEOCIENCIAS

Carreón Freyre Dora Celia¹, Cerca Mariano¹, Solís Valdéz Sara¹, Vega González Marina¹, Millán Malo Beatriz², Gutiérrez Calderón Raúl³, Ferrer Parra Vania¹ y Carrizosa Elizondo Ricardo¹

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM

³Alcaldía de Iztapalapa

freyre@geociencias.unam.mx

En este trabajo se presenta el análisis de las condiciones de deformación de los materiales lacustres depositados en distintos sitios de la Ciudad de México. En los estudios convencionales de Mecánica de Suelos se asume que la compresibilidad de materiales granulares de grano fino disminuye con la profundidad, debido al aumento de la carga litostática. Esta suposición debe demostrarse mediante la disminución del índice de compresión (Cc) con la profundidad, sin embargo se ha documentado ampliamente que los sedimentos lacustres del subsuelo de la Ciudad de México exhiben un comportamiento frágil aunque tienen un alto contenido de agua y resistencia al corte y compresibilidad variables vertical y lateralmente. Además, la extracción de agua subterránea ha provocado una disminución diferencial en la presión intersticial, que depende de sus propiedades físicas. En el LAMG (en colaboración con los laboratorios de Edafología y Geofluidos del Centro de Geociencias y de Difracción de Rayos X del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada) se realiza la caracterización sistemática de propiedades físicas y mineralógicas de materiales arcillosos. Se determinan la densidad, granulometría por tamizado, granulometría por densitometría, propiedades índice de suelos y límites de consistencia, así como la estimación de porosidad y permeabilidad. También se realizan ensayos de compresibilidad y de resistencia al corte en condiciones estáticas y dinámicas. Los resultados obtenidos muestran que el Índice de Compresión (Cc) para materiales arcillosos depende de su mineralogía, particularmente cuando son producto de la alteración de materiales volcánicos en cuencas con vulcanismo reciente, como es el caso de la Cuenca del Valle de México. El estudio de las variaciones de Cc y, en general, del comportamiento mecánico de los materiales lacustres ha permitido demostrar que están directamente relacionadas con sus condiciones de formación y determinan las condiciones de deformación diferencial. Las valoración adecuada de los parámetros mecánicos ha sido fundamental para la modelación de la subsidencia del terreno y de la nucleación y la propagación de fracturamiento del subsuelo, así como para los trabajos de prospección de fracturamiento con Radar de Penetración Terrestre.

SE25-5

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES FÍSICAS EN ROCAS VOLCÁNICAS GRANULARES DE LA CALDERA DE AGUAJITO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Campos Granados Angélica Sarai, Pola Villaseñor Antonio y Sereno Villaseñor Hugo Iván

Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia

saraiuwucampos@gmail.com

Las rocas volcánicas granulares suelen presentar características físicas particulares según su génesis y las condiciones de esfuerzos a las que han sido sometidas, lo que las hace anisótropas y heterogéneas. La anisotropía rige tanto el comportamiento esfuerzo-deformación, como la ocurrencia y forma del fracturamiento que se da al rebasar la resistencia máxima del material. Particularmente, el conocimiento del comportamiento de una roca al ser sometida a esfuerzos tensionales, puede ayudar a la comprensión adecuada de distintos fenómenos geológicos como lo son la inestabilidad de un macizo rocoso o el ascenso del magma, por lo que el análisis de la correlación entre las características físicas de las rocas con su comportamiento mecánico al ser sometidas a esfuerzos de tracción es fundamental para estudiar la influencia que tienen los distintos tipos de materiales rocosos en procesos de mayor escala. La relación del esfuerzo con la deformación y la resistencia máxima a tracción de una roca se estudia con base en ensayos de tracción indirecta, donde se obtiene la resistencia máxima aplicando una carga uniforme a lo largo de dos direcciones opuestas hasta alcanzar la rotura. Los productos principales de este procedimiento son gráficas esfuerzo-deformación, cuya geometría se relacionan con el contenido, el tamaño y la distribución de elementos (características texturales) contenidos en la roca. En este trabajo se reporta el comportamiento esfuerzo-deformación obtenido en pruebas de tracción indirecta y el análisis textural generado con base en la identificación de elementos en imágenes de alta resolución de distintas facies de ignimbritas del Complejo Caldérico de Aguajito, Baja California. Los resultados de las propiedades mecánicas y texturales de las rocas fueron descritos y agrupados según las características principales de sus gráficas, por medio de la discretización de los valores de la pendiente entre la resistencia máxima a tensión y el origen de la gráfica. Se observó que el contenido y distribución de elementos de fragmentos líticos y poros tienen una influencia directa en la generación y dinámica de las fracturas, en los valores máximos de la resistencia a tracción y en la geometría de las gráficas esfuerzo-deformación. En específico, los especímenes que contienen mayor proporción de fragmentos líticos (>0.5 mm) tienden a ser más rígidos y menos resistentes.

SE25-6

RESULTADOS DEL ENSAYE DE TENSIÓN INDIRECTA EN CALIZAS DE LA FORMACIÓN AURORA

Ferrer Vania, Cerca Mariano, Carreón-Freyre Dora y Carrizosa-Elizondo Ricardo

Centro de Geociencias, UNAM

vaniaf@geociencias.unam.mx

Los ensayos mecánicos en roca llamados de “tensión indirecta” se han utilizado comúnmente por su facilidad de ejecución y la supuesta libertad de interferencias externas. Existe una extensa literatura que muestra una gran disparidad en las condiciones iniciales de estas pruebas y muy poco consenso sobre el protocolo óptimo o incluso la interpretación de los resultados. La prueba “brasileña” mide la resistencia a la tensión de una probeta cilíndrica cuando se aplica una carga en un plano diametral a lo largo de su eje. La muestra generalmente falla al dividirse a lo largo de la línea de carga diametral. En este trabajo se realizaron 48 pruebas brasileñas en muestras obtenidas de barrenos de calizas de la formación Aurora, siguiendo la norma ASTM D3967. La Fm Aurora es una roca caliza de color gris claro con textura de mudstone fosilífera y con fracturas rellenas de mineral calcita, que tiene una densidad promedio de 2,638 kg cm⁻³. Para realizar la prueba, se diseñaron dos placas curvas de acero rígido en forma de quijada, en las que el segmento del radio de curvatura que hace contacto con la probeta no excede de 15°. Estas placas permiten optimizar las condiciones de carga y fueron adaptadas al marco de carga MTS 815 del laboratorio de Física de Rocas (LAFiR), del Centro de Geociencias. El procedimiento de ensayo asegura que las probetas se rompen diametralmente. La ruptura de la roca sucede cuando se alcanza la tensión crítica y la resistencia se calcula dividiendo la carga máxima aplicada por el área de la sección transversal de la muestra de roca. El tamaño promedio de las 48 probetas ensayadas es de 3.18 cm de largo por 6.28 cm de ancho. Los resultados fueron graficados mostrando la variabilidad de los datos obtenidos del ensayo y se reporta que el valor promedio de la carga máxima es de 37.52 kN con valor máximo de 57.01 kN y mínimo de 15.27 kN y una resistencia a la tensión indirecta promedio de -11.7 MPa con valor máximo de -18.2 MPa y mínimo de -3.2 MPa. Los valores inesperados posiblemente fueron debidos a la presencia de microfracturas u otras anomalías estructurales que disminuyen la resistencia de la roca. Los resultados resaltan la variabilidad en el comportamiento mecánico de la Formación Aurora. Se discute la necesidad de integrar el conocimiento de la composición mineral y la estructura interna de la roca para interpretar los resultados.

SE25-7

ASIGNACIÓN DEL GRADO DE SOLDAMIENTO DE LA IGNIMBRITA LA ESCALERA, MICHOACÁN, CON BASE EN PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS OBTENIDAS EN LABORATORIO

Castro Colín Amador, Pola Villaseñor Antonio y Sereno Villaseñor Hugo Iván

Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

acc.ingeniero@gmail.com

El soldamiento de una ignimbrita involucra tres procesos principales: 1) sinterización del vidrio, 2) compactación del depósito y 3) aplanamiento de fragmentos juveniles de pómez; la eficiencia de estos procesos depende de diversos factores, como la temperatura de emplazamiento, la velocidad de enfriamiento, la viscosidad y la carga litostática. En general, un bajo grado de soldamiento presenta alto porcentaje de porosidad, baja densidad, baja cohesión con partículas sin deformar y orientadas de forma aleatoria; por el contrario, un alto grado de soldamiento se caracteriza por bajo porcentaje de porosidad, alta densidad y cohesión de sus partículas, así como, pómez totalmente aplastadas (fiammes). La determinación del grado de soldamiento en depósitos de ignimbrita nos ayuda para relacionar espacial y temporalmente las litofacies de una secuencia (formación de una caldera volcánica). Gracias a la experimentación, diversos autores han propuesto escalas de evaluación del soldamiento en función de sus características texturales (aplanamiento de pómez OB), propiedades físicas (porosidad #, densidad #) y comportamiento mecánico (resistencia máxima a compresión uniaxial #máx). En este trabajo, se caracterizaron físicamente y ensayaron mecánicamente 41 cilindros de 53 mm de diámetro por 106 mm de altura y 44 pastillas de 53 mm de diámetro por 25 mm de espesor, cuya longitud axial se orientó perpendicular a la dirección de deposición. Los especímenes cilíndricos secos, fueron ensayados a compresión uniaxial, incorporando micro deformadores locales para la obtención de sus contantes elásticas estáticas (módulo de elasticidad # y relación de Poisson #) y un pedestal y cabezal (transmisor-receptor) para la transmisión de ondas ultrasónicas (1 MHz) a cada 5 kN de incremento en la carga, para el cálculo de sus constantes elásticas dinámicas. Por otro lado, las pastillas fueron ensayadas a tracción indirecta, para obtener el máximo esfuerzo a la tensión de la roca. Como resultado, los valores promedio de cada muestra fueron graficados en perfiles texturales, físicos y mecánicos, asignando su grado de soldamiento; siendo también complementados con la descripción de láminas delgadas representativas de cada muestra. Se observa una correlación de los perfiles de propiedades físicas y comportamiento mecánico, pero discrepancias de 1 a 2 grados de soldamiento con los perfiles texturales en especímenes con evidencia de alteración por procesos secundarios. Actualmente no existen escalas para evaluar el soldamiento en función de la resistencia máxima a la tensión, constantes elásticas estáticas y propiedades acústicas; sin embargo, en los perfiles construidos con estos valores hay una fuerte correspondencia, en particular, el comportamiento del perfil adimensional dado por la relación VP/VS presenta alta

similitud con el comportamiento de los perfiles texturales, indicando mayor fidelidad para la asignación del grado de soldamiento.

SE25-8

THE MICROSTRUCTURE AND ANISOTROPY OF THE SANTIAGO SHALE, EASTERN MEXICO, AND ITS EFFECTS ON ITS MECHANICAL RESPONSE

Cerca Mariano, Jiménez Camargo Jubier Alonso, Valdez Barrera Lenin y Cortés Prado César

Centro de Geociencias, UNAM
mcerca@geociencias.unam.mx

Microstructures formed during tectonic deformation play a crucial role in the mechanical response of shale rocks. This work examines the impact of fabric anisotropy on the strength and elastic behavior of a highly deformed Jurassic calcareous shale from the Santiago Formation in eastern México by means of unconfined compression strength tests (UCS) and triaxial tests. The Santiago shale is an early Jurassic authigenic-calcareous rock with lenticular and wavy-parallel laminae, composed by carbonates, ribbons of clay and organic matter (clay+Om ribbons), authigenic granular and cryptocrystalline silica, calcite, and cubic or framboidal pyrite crystals. At the outcrop scale, the shale developed strong foliation and pencil cleavage, with immersed packstone boudins. Microstructural features include dislocation and foliation bands, secondary folding over foliation, s-c structures, grain size reduction by cataclasis, pressure dissolution borders, and alignment of the clay+Om ribbons. The absence of smectite and the presence of illite, chlorite, kaolinite and muscovite suggest conditions for the smectite-illite transition. XRD for the oriented clay fraction yielded values of the Kubler Crystallinity index between 1 and 0.52, classifying the rock in the deep diagenetic zone at temperatures ranging between 100 and 200 °C. Strong and penetrative foliation is related to shortening. The anisotropy of the shale was evaluated by means of rock samples cored in the direction normal to layers and two horizontal directions defined along the foliation planes. Petrography of oriented thin sections, X-ray diffraction, scanning electron microscopy (SEM), and petrophysical properties (porosity and permeability), were used to assess the rock composition and microstructural properties. UCS and triaxial tests results revealed different mechanical responses between the normal direction (V) and the direction parallel to layers, but also differences between the two mutually orthogonal horizontal directions (H1, H2). Tangent Young's modulus (E) showed higher values in the H2 direction and lower values in the H1 and V directions. All the samples yielded very low Poisson's ratios (<0.11). H2 samples displayed the highest strength and reached higher axial strains at failure. Samples in the H1 direction presented the lowest strength and axial strains. The results reported here confirm that microstructure strongly influenced the mechanical anisotropy and fracture mechanisms of the Santiago Shale. PAPIIT IN108820

SE25-9 CARTEL

ESTIMATING STATIC ELASTIC PROPERTIES OF THE VOLCANIC SEQUENCE IN THE VALLEY OF QUERETARO AND IMPLICATIONS TO LAND SUBSIDENCE RELATED RUPTURE

Cerca Mariano, Carreón Freyre Dora y Ortega-Cervantes Carolina

Centro de Geociencias, UNAM
mcerca@geociencias.unam.mx

Elasticity is a fundamental rock and soils property for it controls the distribution and magnitude of the yielding stress (before rupture) of a subsiding basin. Elasticity is widely used to relate the deformation measurements with "in situ" stress, which is of particular relevance to numerical modeling. However, direct measurements of the hydrogeomechanical parameters are not commonly available for specific sites, and indirect estimates of the governing material parameters are generally obtained from the literature. Furthermore, rock imperfections and the distribution of damage during subsidence can affect the strength and elastic properties of rock and soils. During a groundwater declining period (2000 to 2010), at least 16 productive groundwater wells have been ruptured by shearing in the Valley of Queretaro (VQ). Ruptures occurred mainly at the contact between andesitic lavas and a sequence of sedimentary and pyroclastic rocks. For this work, a series of laboratory testing has been performed to assess the effects of progressive deformation on elasticity and compressive strength of the VQ rocks. Twelve boreholes with core recovery have been drilled in a small area at the central part of the VQ, with depths between 40 and 160 m. The specimens obtained from the boreholes record a sequence composed by an upper sedimentary filling, the andesites, and the volcanosedimentary sequence. UCS tests were performed on a highly stiff and fatigue rated load frame model MTS 815 located at the Laboratorio de Física de Rocas (LAFIR), UNAM, Querétaro, México. In order to try to explore the evolution of static elastic properties as rock approaches failure, samples were subjected to increasing-amplitude cyclic loading experiments. Cyclic tests were adapted after the Uniaxial Compressive Strength Test method ASTM D2938 and the ISRM Suggested Method for Determining the Uniaxial Compressive Strength of Rocks. Tests were performed under deformation or stress control conditions until the specimens reached macroscopic failure. Sixteen tests were selected for discussion of the results. Changes in the elastic properties were observed in both rock types as the rock approaches the rupture. A significant difference in strength was obtained, with UCS values ranging between 55 and 173 MPa for the andesite, and between 3 and 8 MPa for the tuff sequence.

Sesión especial

CONFERENCIAS PLENARIAS

Organizador
Lucia Capra Pedol

SE26-1

LA OCEANOGRAFÍA DEL GOLFO DE MÉXICO: TRES DÉCADAS DE ESFUERZOS DE MEDICIÓN Y MODELACIÓN (1993-2023)

Sheinbaum Pardo Julio
Departamento de Oceanografía Física, CICESE
julios@cicese.mx

Corrientes intensas, remolinos gigantes, remolinos profundos, ondas topográficas, afloramientos costeros, huracanes y frentes fríos, corrientes de gravedad, calentamiento: ¡El golfo de México tiene de todo! Es uno de los mares semicerrados más dinámicos del planeta y un laboratorio natural para estudiar y entender muchos de los procesos antes mencionados. En este seminario presentaremos un resumen de lo que hemos aprendido durante casi 30 años de esfuerzos individuales y colectivos para observar y modelar la física y biogeoquímica del golfo de México y los canales que lo conectan con el Caribe y el Atlántico norte. Al mismo tiempo, rendiremos reconocimiento a grandes oceanógrafos mexicanos que dedicaron buena parte de sus vidas al estudio de este sistema, y cuyas contribuciones han sido fundamentales para el avance del conocimiento del llamado mar Intra-Americano.

SE26-2

RECONCILING SCALES IN SEISMIC IMAGING

Bodin Thomas
Laboratoire de Géologie de Lyon – Terre, Planètes, Environnement, Université Lyon, France
thomas.bodin@ens-lyon.fr

Earth sciences are by essence multidisciplinary as different fields study the same objects and processes at different scales, ranging from the formation of continents to subducting slabs. In seismology, the challenge is that different seismic observables have different sensitivity to structure and are usually interpreted separately. Short period waves provide images with sharp discontinuities, which are typically interpreted in terms of thermo-chemical stratification. In contrast, tomographic models constructed from long period seismograms are smoother and anisotropic, and are usually interpreted in terms of mantle flow. In this way, seismology only "sees" the mantle as an effective medium, where the smallest scales are given by the resolution power of seismic waves. On the other hand, geodynamics and geochemistry "see" the Earth mantle as a marble cake mixture of different chemical components, with the smallest scales given by chemical diffusion. In this presentation, I will show how modern tools from inverse theory, computational statistics, and data science can surpass qualitative interpretations of results obtained separately in different fields. Within a Bayesian framework, we will propose a fully probabilistic approach to explore the ensemble of small-scale earth models compatible with a set of observations and constraints. In particular, we will show how a joint interpretation of different seismic frequency bands can enable full localization of patterns of deformation in the mantle.

SE26-3

TRACKING TERRANES ACROSS THE APPALACHIANS: TRANSPRESSION IN A PALEOZOIC OROGEN

Bailey Christopher
Department of Geology, William & Mary, Williamsburg, VA 23188 USA
cmbail@wm.edu

The Appalachians are a classic orogen that's long been interpreted as an archetype of 'accordion-style' tectonics associated with both the opening and subsequent closing of an ocean basin(s). Successful rifting of Laurentia during the Ediacaran to Early Cambrian opened the Iapetus Ocean which, in time, was sequentially closed throughout the Paleozoic. The crustal architecture of the Appalachians developed as Pangaea assembled in the late Paleozoic. The Appalachian foreland fold-and-thrust belt records collision-normal shortening above a basal décollement, but the kinematics of terrane accretion and translation in the Appalachian hinterland is complex. Although, transpressional tectonics was first recognized in the Appalachians over three decades ago its significance, on is under appreciated. Transpressional structures occur in both Laurentian and accreted peri-Gondwanan terranes. Penetrative fabrics in terrane-bounding fault zones record general shear that developed during dextral transpression, producing orogen-parallel stretching, crustal thickening, and orogen-normal thinning/shortening. Terranes in

the eastern Piedmont and eastern New England) were translated 100s of km to the southwest relative to more western terranes. Orogen-parallel transport of terranes along the Appalachian margin created a mismatched juxtaposition of hinterland terranes relative to the adjacent foreland basin which complicates basin-scale depositional/geographic models. New thermochronological data are providing a fuller temporal narrative for terrane accretion and translation. A richer understanding of Appalachian paleogeography is hampered by the inability to effectively employ paleomagnetic data in metamorphic hinterland terranes from across the orogen.

SE26-4

ONDAS GRAVITACIONALES

Alcubierre Moya Miguel
Departamento de Gravitación y Teoría de Campos, Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
malcubi@nucleares.unam.mx

La teoría de la relatividad general fue postulada por Albert Einstein a fines de 1915. Una de sus principales predicciones son las ondas gravitacionales, perturbaciones en el espacio-tiempo que viajan a la velocidad de la luz y que se son producidas por fenómenos astrofísicos violentos, como explosiones de supernovas o colisiones de agujeros negros. Sin embargo, las ondas gravitacionales son tan débiles que tomó más de 100 años detectarlas. Su primera detección ocurrió en septiembre de 2015 por el observatorio LIGO, y fue producto de la colisión de dos agujeros negros. En 2017 el premio Nobel de física se otorgó a tres personas que contribuyeron de manera decisiva al proyecto LIGO. A la fecha se tienen 10 detecciones confirmadas de colisiones de agujeros negros, y mas de 20 candidatos nuevos por confirmar. A fines de 2017 se anunció la primera detección de la colisión de dos estrellas de neutrones, y en esta ocasión por primera vez hubo una detección simultánea de un destello de rayos gamma, así como observaciones subsecuentes en todo el espectro electromagnético. En esta charla daré una breve introducción al concepto de las ondas gravitacionales, así como los emocionantes resultados relacionados con las primeras detecciones y el premio Nobel.

SE26-5

MODELOS DE EVALUACIÓN INTEGRADA EN CAMBIO CLIMÁTICO: UNA FORMALIZACIÓN DEL TRABAJO MULTIDISCIPLINARIO

Estrada Porrúa Francisco
Departamento de Ciencias Atmosféricas, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
feporrua@atmosfera.unam.mx

La Evaluación Integrada provee un marco para el análisis de problemas que involucran la interacción de sistemas humanos y naturales complejos bajo un enfoque que combina conocimiento de distintas disciplinas, datos y enfoques de modelación. En esta plática se muestra la utilidad de los modelos de evaluación integrada para formalizar el trabajo multidisciplinario y se da un breve recorrido sobre los avances en este enfoque dentro del estudio del cambio climático tanto a nivel global como en México. A través de casos de estudio recientes sobre clima, agricultura, biodiversidad y economía, se ilustra la utilidad práctica de este enfoque de modelación para ayudar en la toma de decisiones. Adicionalmente, se discuten algunas de las áreas de oportunidad más importantes relacionadas con el desarrollo, aplicación y uso de estos modelos.

ÍNDICE DE AUTORES

28 Investigadores Corresponsables	SE15-14	165	Alemán Heredia Sergio Ludwing	EG-24	31
Acebo Arciniega Brenda Adanely	SE21-3	190	Alemán Heredia Sergio Ludwing*	VUL-19	116
Acevedo Cerón Erick Iván*	EG-4	27	Alfaro Carmen	SE02-9	126
Acosta Ochoa Guillermo*	AR-5	2	Alfaro Cuevas Ruth	GEOH-23	47
Acosta Ochoa Guillermo	AR-10	3	Alfaro Cuevas Villanueva Ruth	GEOH-19	46
Acosta Ochoa Guillermo	AR-13	3	Alfaro Cuevas Villanueva Ruth	GEOH-34 CARTEL	50
Acosta Ochoa Guillermo	AR-15	4	Alfaro Cuevas Villanueva Ruth	GEOH-36 CARTEL	50
Acosta Ochoa Guillermo	AR-18 CARTEL	4	Alfaro Torres María del Carmen*	SE02-4	124
Acosta Ochoa Guillermo*	AR-19 CARTEL	4	Allende-Arandía María Eugenia	OCE-26	82
Acosta Solis Gonzalo	OCE-7	78	Allis Estrada Sheila Natali	OCE-15	80
Adams David	CCA-4	12	Almada-Gutiérrez Víctor	SE05-9	138
Adriano-Morán Carmen Cristina	AR-17 CARTEL	4	Almada Víctor*	SE05-4	137
Adriano Morán Cristina	AR-18 CARTEL	4	Almaguer Carmenates Yuri*	GGA-2	58
Adriano Morán Cristina	AR-20 CARTEL	5	Almaguer Carmenates Yuri	GGA-7 CARTEL	59
Aguayo Alejandra	VUL-31 CARTEL	119	Almaguer Rodríguez Joselin de Lourdes	EG-22	31
Aguayo-Haro Ramiro	AR-8	2	Almanza-Galván Daviel	SE15-18	166
Aguayo Ríos Alejandra	GEOH-29 CARTEL	49	Almanza Galván Daviel Omar*	SE04-2	133
Aguayo Ríos Alejandra	GEOH-30 CARTEL	49	Almanza Mosqueda Rodolfo	SE24-25 CARTEL	206
Aguilar Badillo Fernando	SE19-11 CARTEL	182	Almanza Tovar Oscar Guadalupe	GEOH-7	44
Aguilar Corrales Renata*	GGA-4	58	Almanza Tovar Oscar Guadalupe	GEOH-17	46
Aguilar Diego Armando*	GET-1	53	Almanza Tovar Oscar Guadalupe*	RN-11	96
Aguilar González Ana Laura*	SE15-43 CARTEL	171	Almanza Veloz Víctor	CCA-28	16
Aguilar-Madera Carlos Gilberto	GP-3	52	Almanza Veloz Víctor	CCA-64 CARTEL	23
Aguilar Madera Carlos Gilberto	SE02-19	128	Almanza Veloz Víctor Hugo	SE03-9	131
Aguilar-Madera Carlos Gilberto	SE02-20	128	Alonso Gamiño Anette	CCA-36	17
Aguilar Marín José Guillermo	CCA-71 CARTEL	24	Alonso Gamiño Anette*	CCA-59 CARTEL	22
Aguilar Ortega Francisco	CCA-39	18	Alonso Gamiño Anette	CCA-60 CARTEL	22
Aguilar Periañez Sandra	MSG-21 CARTEL	72	Alonso Montesinos Joaquín Blas	CCA-75 CARTEL	25
Aguilar Periañez Sandra	SE24-25 CARTEL	206	Alonso Ruíz Francisco Martín	CCA-71 CARTEL	24
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-3	37	Alonso Ruíz Francisco Martín	EG-11	29
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-6	37	Alonso Ruíz Francisco Martín	EG-38 CARTEL	35
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-7	38	Alonso Ruíz Francisco Martín	MSG-21 CARTEL	72
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-10	38	Alonso Ruíz Francisco Martín	MSG-22 CARTEL	72
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-14	39	Alonso Ruíz Francisco Martín	SE24-25 CARTEL	206
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-17	39	Alonso Ruíz Francisco Martín	SE24-27 CARTEL	206
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-21	39	Alonso Ruíz José Martín	EG-43 CARTEL	36
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-22	40	Alonzo Marrufo Emma	SE15-14	165
Aguilar Tomasini Joel*	SE17-7	176	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-1	61
Aguilar Valdez Francisco Javier*	EG-5	28	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-2	61
Aguilar-Velázquez Manuel J.*	SIS-24	106	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-5	62
Aguillón-Robles Alfredo	SE20-6	186	Alva Valdivia Luis Manuel	GEOPAL-6	62
Aguirre-Bahena Fernando	OCE-37	84	Alvarado Graef Patricia	OCE-3	77
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús	VUL-18	116	Alvarado Graef Patricia	OCE-4	77
Aguirre Gómez Raúl*	SE04-5	134	Alvarado Huitron Karina*	GEOH-23	47
Aguirre González Jorge	SIS-23	106	Álvarez Bejar Román	EG-37 CARTEL	34
Aguirre González Jorge	SIS-39 CARTEL	110	Álvarez García María del Carmen*	SE18-6	179
Aguirre González Jorge	SIS-45 CARTEL	111	Álvarez Harry	CCA-32	16
Aguirre Gutiérrez Rogelio	FE-14	39	Álvarez-Ospina Harry	CCA-31	16
Aguirre Jorge*	SIS-7	103	Álvarez Ramos Luis Eduardo	CCA-71 CARTEL	24
Aguirre Jorge	SIS-40 CARTEL	110	Álvarez Román	EG-20	31
Ahumada Sempoal Miguel Angel	OCE-11	79	Álvarez Román*	VUL-13	115
Áké Castillo José Antolín	OCE-42	86	Álvarez Román	VUL-29 CARTEL	118
Al Azad ASM Alaudin	OCC-7	75	Álvarez Salazar Francisco Javier*	SE15-46 CARTEL	171
Aladro-Chio Young Ho	EG-13	29	Amador-Luna Saúl	SE19-5	180
Aladro Chio Young Ho	EG-15	30	Amigos y colegas del DOF*	SE15-7	164
Aladro Chio Young Ho	EG-34 CARTEL	34	Amigos y colegas del DOF*	SE15-8	164
Aladro Chio Young Ho	GGA-11 CARTEL	60	Amodeo Kaitlyn	SIS-41 CARTEL	110
Alaniz Álvarez Susana Alicia	GET-2	53	Anderson Thomas	SE20-2	185
Alaniz-Álvarez Susana Alicia*	SE03-1	129	Andraca Ayala Gema Luz	CCA-26	15
Alarcón Herrera María Teresa	SE11-2	154	Andrade-Canto Fernando*	OCE-14	80
Alarcón Jiménez Ana Luisa	CCA-26	15	Andrade Gómez Luisa*	CCA-53	21
Alarcón Pacheco Alan Yair*	SIS-33 CARTEL	108	Andrade Gómez Luisa*	SE16-1	172
Alatorre Ibarquengoitia Miguel Angel*	VUL-8	113	Andrade Mascote Ernesto	FE-1	37
Albarrán Cruz Jesús Emanuel	EG-42 CARTEL	35	Andrade Mascote Ernesto	FE-3	37
Albarrán Santos Marco Albán	SE24-7	201	Andrade Mascote Ernesto	FE-6	37
Albarrán Santos Marco Albán	SE24-22 CARTEL	205	Andrade Mascote Ernesto	FE-14	39
Albíter Apolinar	SE09-13 CARTEL	150	Andrade Mascote Ernesto	FE-17	39
Albíter Díaz Apolinar*	SE09-14 CARTEL	150	Andrade Mascote Ernesto	FE-22	40
Alcala Jesús	RN-7	95	Andrews Benjamin	GEOQP-10	66
Alcántar Elizondo Norberto	GEOD-6 CARTEL	42	Angeles Rojo Yosselin Lizbeth*	EG-2	27
Alcántar Elizondo Norberto*	GEOD-8 CARTEL	42	Angeles Uribe Fernando	CS-14 CARTEL	9
Alcantara Durán Carlos	SE24-11	202	Angeles Uribe Fernando	CS-15 CARTEL	9
Alcérreca Huerta Juan C.	SE04-8	134	Angulo Carrillo Joel	SIS-8	103
Alcocer-Gómez Jorge*	MSG-5	69	Angulo Carrillo Joel	SE21-16	193
Alcubierre Moya Miguel*	SE26-4	210	Antonio Pérez Lenin	SE21-9	192
Aldama Cervantes Alejandro	SE18-6	179	Antonio Pérez Lenin	SE21-12	192
Aldama Cervantes Alejandro	SE18-7	179	Aparco Lara Jonathan*	OCE-1	77
Alemán Heredia Sergio Ludwing	CS-1	6	Aparco Lara Jonathan	SE15-34	169

Appendini Christian*	OCC-7	75	Arzate Flores Jorge Arturo	SE21-19 CARTEL	193
Appendini Christian	OCC-8	75	Ascanio-Pellon Patricia*	SE07-5	142
Appendini Christian	OCE-26	82	Ashida Hernández Eduardo	OCE-6	78
Appendini Christian	OCE-27	82	Atayde Blacio Nahum Ayelen	GEOQP-17 CARTEL	68
Aquino-Martínez Lourdes Paola*	CCA-3	11	Atayde Blacio Nahum Ayelen*	GEOQP-18 CARTEL	68
Aquino Martínez Lourdes Paola*	CCA-15	13	Athie Gabriela	OCE-25	82
Arámbula Mendoza Raúl	VUL-15	115	Athie Gabriela	OCE-42	86
Arámbula Raúl	SE01-2	120	Athie Gabriela*	SE15-18	166
Arana Medina Anibal Israel	GEOD-6 CARTEL	42	Audemard M. Franck A.	SE22-5	196
Arana Medina Anibal Israel	GEOD-8 CARTEL	42	Audemard M. Franck A.	SE22-8	197
Aranda Eliot	OCE-13	79	Authemayou Christine*	SE09-7	148
Aranda Gómez José Jorge	SE02-1	124	Avalos Cueva David	CCA-42	18
Aranda Gómez José Jorge	SE02-2	124	Avalos Cueva David	CCA-72 CARTEL	24
Aranda Gómez José Jorge	SE02-3	124	Avalos Cueva David	OCC-18 CARTEL	76
Aranda Gómez José Jorge	SE02-4	124	Avalos Cueva David	SE04-4	133
Aranda Gómez José Jorge*	SE02-5	125	Avalos Cueva David*	SE04-9 CARTEL	134
Aranda Gómez José Jorge	SE02-6	125	Avalos Cueva David	SE04-13 CARTEL	135
Aranda Gómez José Jorge*	SE20-1	185	Avelar Carmona Ana Laura*	CS-13 CARTEL	8
Aranda Molina Gerardo*	GEOQP-17 CARTEL	68	Avellán Denis Ramón	RN-4	95
Arango Galván Claudia	EG-8	28	Avellán Denis Ramón	RN-7	95
Arango Galván Claudia*	EG-9	28	Avellán Denis Ramón	VUL-2	112
Arango-Galván Claudia	SE21-8	191	Avellán Denis Ramón*	VUL-12	114
Aray Castellano Jelime	SE01-3	120	Avellán Denis Ramón	SE01-3	120
Aray Castellano Jelime*	SE01-4	120	Avellán Denis Ramón	SE01-4	120
Arce José Luis	RN-7	95	Avellán Denis Ramón	SE17-2	175
Arce José Luis	RN-19 CARTEL	98	Avellán Denis Ramón	SE17-3	175
Arce José Luis	VUL-1	112	Ávila-Barrientos Lenin*	GEOD-2	41
Arce Saldaña José Luis	VUL-27 CARTEL	118	Ávila García Jesús	SE01-3	120
Arciniega-Ceballos Alejandra	GEOD-2	41	Ávila García Jesús	SE01-4	120
Arciniega-Ceballos Alejandra	SE21-8	191	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena*	GET-5	54
Arciniega Esparza Saúl*	GEOH-1	43	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena	SE20-15 CARTEL	189
Arciniega-Esparza Saúl	GEOH-4	43	Ávila Oscar*	EG-36 CARTEL	34
Arciniega Esparza Saúl	GEOH-13	45	Ávila Oscar	EG-37 CARTEL	34
Arciniega Esparza Saúl	GEOH-27 CARTEL	48	Ávila Roberto*	MSG-8	70
Arellano Hernández Edgar Josué*	CCA-28	16	Ávila Vargas Oscar	SE09-12	150
Arellano-Torres Elsa	SE18-5	179	Avilez Serrano Porfirio	GEOQP-3	64
Argatov Ivan	SIS-30	108	Ayala Ramírez Gloria Lariza	SE04-3	133
Argote Espino Denisse	SE21-9	192	Ayala Ramírez Gloria Lariza	SE04-12 CARTEL	135
Argote Espino Denisse	SE21-10	192	Ayala Vélez Hannia Marlairy	GGA-7 CARTEL	59
Argüelles Jennifer*	EG-29 CARTEL	33	Azpra Romero Enrique	CCA-6	12
Arias Esquivel Víctor Alejandro*	OCE-2	77	Azua Flores Juan Manuel*	SIS-35 CARTEL	109
Arias Esquivel Víctor Alejandro	SE16-1	172	Badillo-Avilés Shendel*	SE24-4	201
Arias Esquivel Víctor Alejandro*	SE16-7	173	Bailey Christopher	SE07-7	142
Arias-Gallegos Alejandro	GEOD-4	41	Bailey Christopher*	SE07-8	143
Arjang Mona	SE21-15	193	Bailey Christopher*	SE26-3	210
Armendáriz Sánchez Saúl*	SE03-6	130	Bailón Severiano Iris Kristal	CCA-71 CARTEL	24
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-8	44	Baizabal Gómez Emma Daira*	SE08-11 CARTEL	146
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-25 CARTEL	48	Bandy William	GET-1	53
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-28 CARTEL	48	Bandy William*	GET-6	54
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-29 CARTEL	49	Barba Flores Elsa Ximena*	SE04-1	133
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-30 CARTEL	49	Barba López María del Refugio	OCC-18 CARTEL	76
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-33 CARTEL	50	Barba López María del Refugio*	SE04-4	133
Armienta Hernández María Aurora*	VUL-31 CARTEL	119	Barba López María del Refugio	SE04-9 CARTEL	134
Armstrong-Altrin John S.	GEOQP-6	65	Barba López María del Refugio	SE04-13 CARTEL	135
Arnott W. Patrick	CCA-33	17	Barba Luis	AR-7	2
Arredondo Palacios Thania Elizabeth*	CCA-26	15	Barba Meinecke Helena	AR-12	3
Arredondo Palacios Thania Elizabeth	CCA-70 CARTEL	24	Barba Pingarrón Luis	AR-2	1
Arredondo-Vilchis Uriel	SE21-4	190	Barba Pingarrón Luis Alberto	AR-1	1
Arregui Ojeda Sergio Manuel	EG-13	29	Barbosa Hernández Itai	MSG-21 CARTEL	72
Arregui Ojeda Sergio Manuel	EG-15	30	Barboza Gudiño José Rafael*	SE07-2	141
Arregui Ojeda Sergio Manuel	EG-30 CARTEL	33	Barcenás Castro Maydes	CCA-41	18
Arregui Ojeda Sergio Manuel	EG-34 CARTEL	34	Baroco Bonilla Xihuitl Tecuixpo	GET-15 CARTEL	56
Arregui Ojeda Sergio Manuel	GGA-11 CARTEL	60	Barón Martínez Griselda	FE-3	37
Arregui Ojeda Sergio Manuel	SE22-2	195	Barón Martínez Griselda*	FE-6	37
Arregui Ojeda Sergio Manuel	SE22-6	196	Barón Martínez Griselda	FE-22	40
Arregui Ojeda Sergio Manuel	SE24-19 CARTEL	204	Barragán Manzo Ricardo	SE24-3	200
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	OCE-3	77	Barragán Ricardo	PALEO-6	90
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	OCE-4	77	Barragán Ricardo	PALEO-9	91
Arriaza-Oliveros Liliam	SE15-18	166	Barraza Cigarroa José Manuel*	GET-21 CARTEL	57
Arrieta García Gerardo	GEOQP-4	65	Barrera Germán	OCC-6	74
Arrieta García Gerardo	SE20-11	188	Barrera-Moreno Edgardo	SE05-4	137
Arrieta Gerardo	VUL-7	113	Barrera-Moreno Edgardo	SE05-9	138
Arroyo-Cruz Carlos Eduardo	CS-10	8	Barrera-Rodríguez Raúl	AR-3	1
Arroyo-Cruz Carlos Eduardo*	CS-11	8	Barrientos Bernabé Ofelia	SE03-5	130
Arroyo Danny	SIS-25	107	Barrientos Cruz Salomón	CCA-71 CARTEL	24
Arroyo Danny	SIS-32 CARTEL	108	Barrientos Valencia José Rodrigo*	SE15-29	168
Arteaga Dante*	MSG-12	71	Barrón Cano Elvia Patricia	FE-22	40
Arteaga Martínez David de Jesús*	CCA-41	18	Barrón Romero Luis Ernesto	SE21-20 CARTEL	194
Arvizu-Flores Aldo Alejandro	SE04-7	134	Bartolini Claudio	SE03-2	129
Arzate Flores Jorge Arturo	EG-7	28	Baruch-Vera Aranza	CCA-49	20
Arzate Flores Jorge Arturo	EG-37 CARTEL	34	Baruch Vera Aranza Elizabeth*	CCA-47	19
Arzate Flores Jorge Arturo*	SE09-12	150	Basiuk Vladimir	SE19-20 CARTEL	184
Arzate Flores Jorge Arturo	SE21-7	191	Basiuk Vladimir	SE19-21 CARTEL	184
Arzate Flores Jorge Arturo	SE21-9	192	Basulto Luviano Raúl	SE24-11	202
Arzate Flores Jorge Arturo	SE21-12	192	Batista Cruz Ramón Yosvanis	GGA-2	58

Batista Rodríguez José Alberto	GGA-2	58	Caballero Miranda Cecilia	CS-8	7
Bautista Zúñiga Francisco	GGA-9 CARTEL	59	Cabanillas-Zavala Juan L.	GEOD-4	41
Bayona José A.*	SE01-9	121	Cabral-Cano Enrique	FE-10	38
Bazán Barrón Sergio	SED-1 CARTEL	100	Cabral-Cano Enrique	GEOD-2	41
Bazán Barrón Sergio	SED-4 CARTEL	100	Cabral Cano Enrique	RN-6	95
Bazán Carmen	OCE-39	85	Caccavari Garza Ana*	AR-3	1
Bazán-Guzmán Carmen	OCE-40	85	Caccavari Garza Ana	AR-4	1
Bazán Perkins Sergio Dale*	SED-1 CARTEL	100	Caccavari-Garza Ana*	SE21-6	191
Bazán Perkins Sergio Dale*	SED-4 CARTEL	100	Caccavari Garza Ana	SE21-10	192
Becerra Amezcua Mara Abigail	CS-13 CARTEL	8	Caccavari Garza Ana	SE21-12	192
Becerra Torres Eduardo	GEOQP-1	64	Caccavari Garza Ana	SE21-19 CARTEL	193
Becerra Torres Eduardo*	SE24-1	200	Caccavari-Garza Ana Luz	FE-15	39
Beier Emilio	SE15-4	163	Caccavari-Garza Ana Luz	SE21-7	191
Beier Emilio	SE16-1	172	Caccavari Garza Ana Luz	SE21-9	192
Bekker Andrey	GEOQP-2	64	Caetano Ernesto	CCA-20	14
Bello Delia*	SE24-5	201	Calderón Bustamante Oscar*	CCA-54	21
Bello Ramos Dennise	EG-19	31	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	CCA-5	11
Bello Segura Delia I.	SE21-20 CARTEL	194	Calderon Romero Mitzi Leilani	GGA-12 CARTEL	60
Bello Segura Delia Iresine	SIS-25	107	Calmus Thierry	GET-10	55
Bellon Hervé	SE20-6	186	Calmus Thierry	SE05-4	137
Bennett Richard A.	GEOD-7 CARTEL	42	Calmus Thierry	SE05-9	138
Beramendi Orosco Laura	AR-15	4	Calmus Thierry*	SE20-6	186
Beramendi Orosco Laura	AR-21 CARTEL	5	Calò Marco	SIS-10	104
Bermudez-Romero Anahi	OCE-2	77	Calò Marco	SIS-12	104
Bernabé Acevedo Gabriela Itzel	GEOPAL-5	62	Calò Marco*	SIS-13	104
Bernal Cortés Itzayana	AR-1	1	Calò Marco	SIS-15	105
Bernal Cortés Itzayana*	AR-2	1	Calò Marco	VUL-5	113
Bernal Itzayana	SE10-7	152	Calò Marco	VUL-20 CARTEL	116
Bernal-Manzanilla Karina*	VUL-5	113	Calò Marco	SE06-2	139
Bernal Manzanilla Karina	VUL-20 CARTEL	116	Calò Marco	SE06-3	139
Bernal-Manzanilla Karina*	SE12-10	157	Calò Marco	SE12-10	157
Bernal Morales Rogelio	CCA-45	19	Calò Marco	SE13-3	159
Bernal Morales Rogelio	SE18-1	178	Calò Marco	SE13-5	160
Berndt Christian	GET-1	53	Calò Marco	SE13-7	160
Beron-Vera Francisco*	SE15-12	164	Calò Marco	SE13-8 CARTEL	160
Bezanilla Alejandro	CCA-66 CARTEL	23	Camacho González Pablo	CCA-22	15
Bezanilla Arnoldo	CCA-56 CARTEL	21	Camacho-Ibar Victor	OCE-32	83
Bezanilla Morlot Alejandro*	CCA-67 CARTEL	23	Camacho Ibar Victor	OCE-43 CARTEL	86
Bezanilla Morlot Arnoldo	CCA-74 CARTEL	24	Camacho-Ibar Victor	SE15-16	165
Binimelis de Raga Graciela	CCA-11	12	Camacho-Ibar Victor F.*	OCE-35	84
Biró Tamas	GEOQP-9	66	Camacho Ibar Victor F.	OCE-36	84
Blancas Jorge	AR-7	2	Camacho Ibar Víctor F.	OCE-46 CARTEL	87
Blancas Vázquez Jorge*	AR-1	1	Camacho Miguel	EG-20	31
Blancas Vázquez Jorge	AR-2	1	Camacho Miguel	VUL-13	115
Blanco Morales Ericka Sofia*	AR-10	3	Camacho Miguel*	VUL-29 CARTEL	118
Blanco Morales Ericka Sofia*	AR-20 CARTEL	5	Camacho Victor	OCE-13	79
Bodin Thomas*	SIS-9	103	Camacho Víctor	OCE-39	85
Bodin Thomas	SE13-5	160	Camarena Vazquez Jesus Guillermo	SE20-12	188
Bodin Thomas	SE13-8 CARTEL	160	Cambronero Sergio	OCC-1	74
Bodin Thomas*	SE26-2	210	Campos Granados Angélica Sarai	SE25-1	207
Böhnel Harald*	GEOPAL-3	61	Campos Granados Angélica Sarai*	SE25-5	208
Böhnel Harald	GEOPAL-9	62	Campos-Méndez Mirhan*	PALEO-11	91
Böhnel Harald*	GEOPAL-11	63	Camprubí Antoni	GEOQP-8	65
Böhnel Harald	SE21-3	190	Candela Julio	OCC-3	74
Böhnel Harald	SE21-5	191	Candela Julio	OCE-25	82
Böhnel Harald	SE21-14	193	Candela Julio	OCE-29	83
Boijseaneau López Mario Emmanuel*	GEOQP-10	66	Candela Julio	SE15-9	164
Bollmann Jörg	OCE-37	84	Candela Julio	SE15-18	166
Bonifaz Roberto	FE-2	37	Canet Carles	SE02-8	126
Bonilla Yohana	EG-6	28	Canet Miquel Carles	CCA-3	11
Botero-Gómez Alvaro	SE24-12	203	Canet Miquel Carles	CCA-15	13
Bower Amy	SE15-20	166	Cangemi Marianna	VUL-9	114
Bower Amy	SE15-36 CARTEL	169	Cano González Katty Grisel*	SE02-3	124
Bracamontes Soto Angel Bulmaro*	GEOPAL-1	61	Cano Katy	SE02-9	126
Branquet Yannick	SE05-9	138	Cantú Hernández Oscar Guadalupe*	SE02-14	127
Bravo Pérez Oscar	SE24-1	200	Capella Kort Antonio	SE19-3	180
Briones-Carrillo Jorge Alberto*	GP-3	52	Capra Lucia	RN-22 CARTEL	99
Briones Carrillo Jorge Alberto	SE02-19	128	Capra Lucia*	VUL-15	115
Briones Gallardo Roberto	GEOH-20	47	Capra Lucia	VUL-16	115
Brito Jimmy	EG-31 CARTEL	33	Capra Lucia	VUL-23 CARTEL	117
Brocard Gilles	SE09-5	148	Capra Pedol Lucia	RN-9	96
Buitrago Segura Harol Stiven*	SE08-2	144	Capra Pedol Lucia	SE21-1	190
Burgos Andrea	CCA-15	13	Carabali Sandoval Giovanni	CCA-33	17
Burgos May Luis Ivan*	CCA-72 CARTEL	24	Caraballo Ramon	FE-17	39
Burlak Gennadiy*	FE-11	38	Carbajal-Martínez Daniel	SE08-5	144
Burlak Gennadiy	FE-13	38	Carbajal Noel	CCA-2	11
Cabadas Báez Héctor	CS-4	6	Carbajal Pérez José Noel	SE12-5	156
Cabadas-Báez Héctor	CS-5	7	Carbajal Pérez Noel	CCA-46	19
Cabadas Báez Héctor Victor	AR-13	3	Carciumaru Dana*	GEOH-32 CARTEL	49
Cabadas Báez Héctor Victor	AR-19 CARTEL	4	Carciumaru Dana	SE12-8	157
Caballero García Ana María Lizeth	RN-9	96	Cárdenas Caridad*	SE03-11 CARTEL	131
Caballero García Lizeth	VUL-17	116	Cárdenas Monroy Caridad	SE03-12 CARTEL	131
Caballero-Jiménez Gema Victoria	SE17-13 CARTEL	177	Cárdenas Ramírez Arturo B.	SE21-16	193
Caballero Lizeth	VUL-4	112	Cárdenas-Soto Martín	AR-3	1
Caballero Lizeth*	VUL-16	115	Cárdenas Soto Martín	SIS-19	105

Cárdenas-Soto Martín*	SE21-13	192	Cazarez-Candia Octavio	SE02-20	128
Cardona Ramírez Dagoberto	GEOPAL-4	61	Cedillo Candelas Miriam Judith*	GET-4	53
Caress David W.	EG-12	29	Cejudo Rubén	GEOPAL-4	61
Caress David W.	SE08-4	144	Cejudo Rubén	GEOPAL-8	62
Carlón-Allende Teodoro	RN-4	95	Cejudo Rubén	SED-3 CARTEL	100
Carlón Allende Teodoro*	RN-7	95	Cejudo Ruiz Fredy Rubén	GGA-9 CARTEL	59
Carranza y Castañeda Oscar*	PALEO-15	92	Celis Samuel*	SIS-15	105
Carrasco-Núñez Gerardo*	VUL-11	114	Celso Crescencio Maria Isabel*	GEOH-27 CARTEL	48
Carreola Silva Aurora Guadalupe*	GEOH-25 CARTEL	48	Centeno Antonio Felix*	SE13-1	159
Carreón-Díazconti Concepción	GEOH-5	44	Centeno Salas Felix	EG-14	30
Carreón-Freyre Dora	SE25-6	208	Cerca Mariano	GET-17 CARTEL	56
Carreón Freyre Dora	SE25-9 CARTEL	209	Cerca Mariano	SE25-4	208
Carreón Freyre Dora Celia*	SE24-11	202	Cerca Mariano	SE25-6	208
Carreón Freyre Dora Celia*	SE25-4	208	Cerca Mariano*	SE25-8	209
Carrillo-Albarran Emiliano*	PALEO-13	92	Cerca Mariano*	SE25-9 CARTEL	209
Carrillo-Albarran Emiliano	SE24-23 CARTEL	205	Cerca Martínez Mariano	SE24-11	202
Carrillo-Betancourt Yudelsy	SE15-18	166	Cerda Chacón Juan Carlos	SE12-7	157
Carrillo Bibriezca Laura	SE15-14	165	Cerda Chacón Juan Carlos	SE15-10	164
Carrillo González Fátima Maciel	SE15-46 CARTEL	171	Cerda Chacón Juan Carlos*	SE15-11	164
Carrillo González José Emmanuel	EG-38 CARTEL	35	Cerda Chacón Juan Carlos	SE15-38 CARTEL	170
Carrillo Laura*	SE04-8	134	Cerda Molina Luz María*	RN-3	94
Carrillo López Jonathan	GET-5	54	Cervantes Gabriela	OCE-13	79
Carrillo López Jonathan*	SE13-3	159	Cervantes José Martín	SE05-6	137
Carrillo Rubén*	MSG-11	70	Cervantes Miguel	GEOPAL-8	62
Carrillo-Vargas Armando	SE21-6	191	Cervantes Solano Miguel Angel	GEOPAL-10	63
Carrillo Vargas Armando	SE21-9	192	Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth*	SE03-8	130
Carrillo-Vargas Armando*	SE21-10	192	Cetina Heredia Paulina	SE16-1	172
Carrillo Vargas Armando	SE21-12	192	Cevallos-Ferriz Sergio	PALEO-7	90
Carrillo Vargas Armando	SE21-19 CARTEL	193	Cevallos Ferriz Sergio R. S.	PALEO-10	91
Carrizosa Elizondo Ricardo	SE25-4	208	Cevallos-Ferriz Sergio R. S.	PALEO-13	92
Carrizosa-Elizondo Ricardo	SE25-6	208	Cevallos Ferriz Sergio R. S.	PALEO-14	92
Carrizosa Ricardo	GET-17 CARTEL	56	Cevallos Ferriz Sergio R. S.*	SE24-14	203
Casas Peña Juan Moises*	PALEO-4	89	Chacón-Anguiano Karla	OCE-17	80
Casillas-Aviña Gael Emiliano	CCA-68 CARTEL	23	Chacón Anguiano Karla Gabriela*	OCE-33	83
Casillas-Aviña Gael Emiliano	SE21-18 CARTEL	193	Chacón Baca Elizabeth	SE02-2	124
Castañeda Cabañas Abraham	EG-38 CARTEL	35	Chacón Baca Elizabeth	SE02-3	124
Castañeda Carlos*	SE24-10	202	Chacón Baca Elizabeth	SE02-4	124
Castañeda Leonides Fausto*	SE02-10	126	Chacón Baca Elizabeth*	SE02-9	126
Castañeda Posadas Carlos	PALEO-8	90	Chacón-Baca Elizabeth	SE19-15 CARTEL	183
Castañeda Posadas Carlos	PALEO-18 CARTEL	93	Chacón Elizabeth	SE02-22 CARTEL	128
Castañeda Posadas Carlos	SE24-18 CARTEL	204	Chacón Olivas Clara Nayeli*	GEOQP-2	64
Castelblanco Rivera Luis Felipe*	CS-20 CARTEL	10	Chako Tchamabe Boris*	SE24-13	203
Castellanos Velazco Carlos Isaac*	FE-15	39	Chang M. Oyuki	FE-6	37
Castellanos Velazco Carlos Isaac	FE-17	39	Chapa Guerrero José Rosbel	SE02-7	125
Castellanos Villalpando Jimena Itzel*	EG-28 CARTEL	32	Chaverria-Urrieta Joseph Uriel*	SE24-20 CARTEL	205
Castillo Pensado Juan Luis	CCA-71 CARTEL	24	Chávez-Cabello Alan	SE02-22 CARTEL	128
Castillo Pensado Juan Luis	EG-11	29	Chávez Cabello Gabriel*	SE02-1	124
Castillo Pensado Juan Luis	EG-38 CARTEL	35	Chávez Cabello Gabriel	SE02-2	124
Castillo Pensado Juan Luis	EG-43 CARTEL	36	Chávez Cabello Gabriel	SE02-3	124
Castillo Pensado Juan Luis	MSG-21 CARTEL	72	Chávez Cabello Gabriel	SE02-4	124
Castillo Pensado Juan Luis	MSG-22 CARTEL	72	Chávez-Cabello Gabriel	SE02-5	125
Castillo Pensado Juan Luis	SE24-25 CARTEL	206	Chávez Cabello Gabriel	SE02-6	125
Castillo Pensado Juan Luis	SE24-27 CARTEL	206	Chávez Cabello Gabriel	SE02-7	125
Castillo Ramírez Alejandra de Jesús	OCE-43 CARTEL	86	Chávez-Cabello Gabriel	SE02-9	126
Castillo Rodríguez Keila	SE24-26 CARTEL	206	Chávez Cabello Gabriel	SE02-22 CARTEL	128
Castillo Sánchez Rodrigo Ventura*	GEOH-17	46	Chávez Chavaría Iván	SE21-20 CARTEL	194
Castro Alarcón Ivana Astrid	CS-1	6	Chávez Cuellar Alan Gabriel*	SE02-8	126
Castro Alarcón Ivana Astrid*	EG-24	31	Chávez Dagostino Miguel	SE19-8	181
Castro Alarcón Ivana Astrid	VUL-19	116	Chávez-Guajardo Alicia Elizabeth	RN-2	94
Castro-Artola Oscar	SIS-32 CARTEL	108	Chávez Hernández Omar Cristian	VUL-20 CARTEL	116
Castro Artola Oscar Alberto	SIS-8	103	Chávez-Negrete Carlos	MSG-6	69
Castro César	EG-37 CARTEL	34	Chávez Saúl*	SE14-2	161
Castro Colín Amador	SE25-1	207	Chávez Segura René Efraín	EG-9	28
Castro Colín Amador*	SE25-7	208	Chávez Segura René Efraín	EG-25 CARTEL	32
Castro Díaz Jaime Omar	CCA-47	19	Chávez Segura René Efraín	EG-27 CARTEL	32
Castro-Díaz Jaime Omar*	CCA-49	20	Chávez Segura René Efraín	SIS-19	105
Castro Escamilla Minerva*	SE03-5	130	Chávez-Segura René Efraín	SE21-7	191
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-2	102	Chiffert-García Gérard	CS-10	8
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SIS-26	107	Chigna Marroquín Gustavo Adolfo	RN-9	96
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-35 CARTEL	109	Chin Canche Guillermo Adrian*	SE19-8	181
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SE22-3	195	Chun Quinillo Kevin	RN-9	96
Castro Escamilla Ricardo César	SE03-6	130	Cid Villegas Gonzalo*	GET-16 CARTEL	56
Castro Jorge Daniel*	SIS-17	105	Cifuentes-Nava Gerardo	AR-3	1
Castro-Orduño Carlos*	SE05-3	136	Cifuentes Nava Gerardo	AR-4	1
Castro Rubén*	SE15-33	169	Cifuentes Nava Gerardo	EG-2	27
Castro Soto César	EG-36 CARTEL	34	Cifuentes Nava Gerardo	EG-9	28
Castro Telma*	CCA-31	16	Cifuentes Nava Gerardo	VUL-3	112
Catellanos Villalpando Jimena Itzel	SE08-10 CARTEL	145	Cifuentes-Nava Gerardo	SE21-6	191
Cavazos-Alvarez Jaime	VUL-11	114	Cifuentes-Nava Gerardo	SE21-7	191
Cavazos Pérez María Tereza	CCA-50	20	Cifuentes Nava Gerardo	SE21-9	192
Cavazos Pérez María Tereza	CCA-79 CARTEL	25	Cifuentes Nava Gerardo	SE21-10	192
Cavazos Tereza	CCA-53	21	Cifuentes Nava Gerardo*	SE21-12	192
Cayetano Salazar Mario	SE24-7	201	Cifuentes Nava Gerardo	SE21-19 CARTEL	193
Cayetano Salazar Mario	SE24-24 CARTEL	206	Cisneros Guillermo	RN-7	95
Cazares Moreno Alexandra Daniela	SE20-12	188	Cisneros Máximo Guillermo	GEOQP-15	67

Cisneros-Máximo Guillermo	RN-4	95	Cruz Hernández Favio*	SIS-2	102
Cisneros Máximo Guillermo	VUL-2	112	Cruz Hernández Favio*	SE06-1	139
Cisneros Máximo Guillermo	SE17-2	175	Cruz Jiménez Marcos Benjamín*	GEOH-20	47
Cisneros Máximo Guillermo*	SE17-12	177	Cruz López Donaji Xóchitl	CS-14 CARTEL	9
Cisneros Sebastian*	OCE-20	81	Cruz López Donaji Xóchitl	CS-15 CARTEL	9
Coba Morales Luis Alberto	AR-10	3	Cruz Olivia	VUL-31 CARTEL	119
Cochran Elizabeth	SIS-34 CARTEL	109	Cruz Palma Jorge Erza	AR-20 CARTEL	5
Coconi Hernández Ricardo*	PALEO-18 CARTEL	93	Cruz-Pech Johnny Bryan	OCE-24	82
Cogné Nathan	SE05-4	137	Cruz Ronquillo Olivia	GEOH-29 CARTEL	49
Cogné Nathan	SE05-9	138	Cruz Ronquillo Olivia	GEOH-30 CARTEL	49
Colavitti Leonardo	SIS-26	107	Cruz Santiago Pedro Damián	CCA-37	18
Colavitti Leonardo*	SIS-27	107	Cruz Santiago Pedro Damián*	SE24-16	204
Colchado Casas Juan Carlos	EG-14	30	Cucci Luigi	SE13-7	160
Colchado Casas Juan Carlos*	SE10-8	152	Cuellar Urbano Mayra	OCE-23	81
Colchado Casas Juan Carlos	SE13-1	159	Cuevas Eduardo	OCE-24	82
Colombo Michela	SE01-8	121	Cuevas-Villanueva Ruth Alfaro*	SE10-10	153
Colorado Ruíz Gabriela	CCA-50	20	Cupido-Santamaria Deysi Guadalupe	OCE-24	82
Constable Steven	EG-8	28	Cupul Velázquez Ana Mercedes	EG-35 CARTEL	34
Contreras Juan	EG-12	29	Cusí Simò	OCE-13	79
Contreras Juan	GET-12	55	Dávila Ortiz Rodrigo	RN-11	96
Contreras Juan	SE08-4	144	Dávila Ortiz Rodrigo*	SE12-5	156
Contreras López Manuel	GET-5	54	Day Steven	MSG-17	71
Contreras López Manuel	GEOQP-3	64	De Anda García Miguel Alejandro	GP-1	52
Contreras López Manuel*	SE20-15 CARTEL	189	De Anda García Miguel Alejandro*	GP-2	52
Contreras Pacheco Yéssica Vanessa*	OCE-34	84	De Arcia Paulina	VUL-8	113
Contreras Perez Juan	SE08-2	144	De Azeredo França Daniela	CCA-81 CARTEL	26
Corbo Camargo Fernando	SE09-12	150	De Basabe Delgado Jonás de Dios	EG-30 CARTEL	33
Corbo Fernando	EG-7	28	De Basabe Delgado Jonás de Dios	EG-32 CARTEL	33
Corbo Fernando	EG-36 CARTEL	34	De Basabe Delgado Jonás de Dios	MSG-4	69
Corbo Fernando	EG-37 CARTEL	34	De Graaff Sietze	SE07-6	142
Cordero-Oviedo Cecilia	SE18-3	178	De León España José	GET-19 CARTEL	56
Cordero Tercero Guadalupe*	SE19-3	180	De León España José	SIS-37 CARTEL	109
Cordero Tercero Guadalupe	SE19-11 CARTEL	182	De León-Jasso Brayan Eduardo*	SE02-20	128
Cordero Tercero Guadalupe	SE19-12 CARTEL	182	De León José	EG-29 CARTEL	33
Cordero Tercero Guadalupe	SE19-13 CARTEL	182	De Román Mello Zahira	CCA-71 CARTEL	24
Cordero Tercero María Guadalupe	SE03-8	130	De Román Mello Zahira	MSG-22 CARTEL	72
Cordero Tercero María Guadalupe	SE19-4	180	De Santos Medina Ana Lucia*	SE15-39 CARTEL	170
Cordero Tercero María Guadalupe	SE19-9 CARTEL	181	De la Cruz-Reyna Servando	VUL-25 CARTEL	117
Cordero Tercero María Guadalupe	SE19-10 CARTEL	182	De la Cruz Reyna Servando	VUL-31 CARTEL	119
Cordero Tercero María Guadalupe	SE19-14 CARTEL	183	De la Cruz-Reyna Servando	SE17-5	175
Córdoba Montiel Francisco	SE21-1	190	De la Cruz-Reyna Servando	SE17-13 CARTEL	177
Córdoba Ramírez Fernando	EG-10	29	De la Cruz Salas Luis Miguel*	MSG-18	71
Coria Monter Erik	SE18-7	179	De la Cruz Salas Luis Miguel	SE12-9	157
Corona-Chávez Pedro	AR-8	2	De la Fuente Rivera Juan Ramón	SE08-11 CARTEL	146
Corona-Chávez Pedro	GEOQP-14	67	De la Fuente Rivera Juan Ramón	SE17-9	176
Corona Chávez Pedro	GEOQP-18 CARTEL	68	De la Luz Rodríguez Víctor	RN-13	97
Corona-Chávez Pedro	SE17-7	176	De la Luz Víctor*	MSG-3	69
Corona Chávez Pedro	SE17-12	177	De la Luz Víctor*	SE21-15	193
Corona Raúl Daniel	SIS-14	104	De la Mora Cebada Alicia M.*	MSG-20 CARTEL	72
Corona Raúl Daniel	SIS-32 CARTEL	108	De la Rosa Canales José*	SE19-17 CARTEL	183
Corona-Romero Pedro*	FE-1	37	De la Rosa Canales José	SE19-18 CARTEL	183
Corona-Romero Pedro	FE-15	39	De la Rosa Canales José Guadalupe	SE19-4	180
Corona Romero Pedro	FE-17	39	De la Rosa Herrera Estefanía Onésima	OCC-9	75
Corona Romero Pedro	FE-24	40	De la Rosa-Rábago Rodolfo	SE21-17 CARTEL	193
Corrales Suastegui Arturo	CCA-42	18	De la Teja Peñaloza Mariana	SE24-1	200
Correa Alejandra	MSG-8	70	De la Torre Martínez Cristian Daniel*	OCE-44 CARTEL	86
Correa González Alejandra*	MSG-24 CARTEL	73	De los Santos Martínez María Fernanda*	SE24-27 CARTEL	206
Correa-Metrio Alexander	PALEO-16	92	Del Pilar-Martínez Alexis*	GET-10	55
Correa-Metrio Alexander	SE18-3	178	Del Río Salas Rafael	SE05-1	136
Cortés Martínez Mara Yadira	OCE-37	84	Del Río-Salas Rafael	SE05-2	136
Cortés Martínez Raúl	GEOH-19	46	Del Río-Salas Rafael	SE05-3	136
Cortés Martínez Raúl	GEOH-23	47	Del Río Salas Rafael	SE05-5	137
Cortés Martínez Raúl	GEOH-36 CARTEL	50	Del Río-Salas Rafael	SE05-9	138
Cortés Prado César	SE25-8	209	Del Río Salas Rafael Eduardo	GGA-13 CARTEL	60
Cortés Prado César Alberto*	GET-17 CARTEL	56	Del Río-Salas Rafael Eduardo	SE05-10	138
Cortés Ramos Jorge*	SE15-30	168	Del Río-Salas Rafel	SE05-4	137
Cortés Silva Alejandra	GEOH-11	45	Del Valle Reyes Aarón	GP-1	52
Cortés Silva Alejandra*	GEOH-24	47	Del Valle Reyes Aarón	GP-2	52
Cortina Urrutia Lucila Margarita*	SE24-21 CARTEL	205	Delgadillo Hinojosa Francisco	OCE-46 CARTEL	87
Costa de Almeida Tenreiro Miguel José	SE15-17	165	Delgado Argote Luis Alberto	GET-5	54
Couder-Castañeda Carlos	SE21-17 CARTEL	193	Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-3	64
Cram Heydrich Silke	SE17-10	176	Delgado Argote Luis Alberto	SE08-5	144
Cram Silke	SE24-9	202	Delgado Argote Luis Alberto	SE20-12	188
Cruz Castañeda Jorge	CS-17 CARTEL	9	Delgado Argote Luis Alberto	SE20-15 CARTEL	189
Cruz Castañeda Jorge	SE19-15 CARTEL	183	Delgado Rodríguez Omar	CS-2	6
Cruz Castañeda Jorge Armando	CS-16 CARTEL	9	Derycke Alexis	SE05-9	138
Cruz Castañeda Jorge Armando	CS-19 CARTEL	10	Di Luccio Francesca*	SIS-28	107
Cruz Castañeda Jorge Armando	SE19-4	180	Di Luccio Francesca*	SE13-7	160
Cruz Castañeda Jorge Armando*	SE19-5	180	Díaz Alcántara Delma*	SE12-9	157
Cruz-Castañeda Jorge Armando	SE19-17 CARTEL	183	Díaz-Castañeda Marina Itzel	SE24-22 CARTEL	205
Cruz Castañeda Jorge Armando	SE19-19 CARTEL	184	Díaz Corte Amelia*	GET-13 CARTEL	55
Cruz Cervantes José Luis	SE21-16	193	Díaz Corte Amelia	VUL-27 CARTEL	118
Cruz Cruz Karla Gabriela*	SE17-2	175	Díaz Cruz Mario Alberto	VUL-3	112
Cruz Enrique	SE21-15	193	Díaz-Esteban Yanet	CCA-3	11
Cruz Gómez Raul Candelario	OCE-44 CARTEL	86	Díaz Esteban Yanet	SE12-3	156

Díaz Flores Miguel Ángel*	EG-40 CARTEL	35	Esquina Priscila	SE09-9	149
Díaz-García Ovel	OCE-47 CARTEL	87	Esquivel-Mendiola Leonarda I.*	SIS-10	104
Díaz Margarita*	SE14-3	161	Esquivel Rubén	SIS-38 CARTEL	109
Díaz Martínez Carolina*	CS-2	6	Esquivel Trava Bernardo	OCC-4	74
Díaz Méndez Guillermo	SE12-7	157	Esquivel-Trava Bernardo	OCE-30	83
Díaz Méndez Guillermo*	SE15-41 CARTEL	170	Esquivel Trava Bernardo	SE12-7	157
Díaz Méndez Guillermo M.	OCC-4	74	Esquivel Trava Bernardo	SE15-41 CARTEL	170
Díaz Méndez Guillermo M.	SE15-11	164	Esteve Cruz Marisol	SE12-4	156
Díaz Navarro María Kamila*	EG-37 CARTEL	34	Estevez-Delgado Joaquín	FE-21	39
Díaz Nigenda Emmanuel	CCA-63 CARTEL	23	Estrada-Allis Sheila	OCC-3	74
Díaz-Ortega Jaime	AR-19 CARTEL	4	Estrada-Allis Sheila	OCE-21	81
Díaz Ortega Jaime*	CS-4	6	Estrada Allis Sheila Natali*	OCE-17	80
Díaz Ortega Jaime	CS-6	7	Estrada Allis Sheila Natali	OCE-33	83
Díaz Rodríguez Augusto Antonio	MSG-9	70	Estrada Allis Sheila Natali	SE15-14	165
Dingwell Donald B.	VUL-8	113	Estrada Allis Sheila Natali	SE15-39 CARTEL	170
Dioguardi Fabio	VUL-17	116	Estrada Allis Sheila Natali	SE16-1	172
Dominguez Chovert Angel*	CCA-81 CARTEL	26	Estrada Castillo Jorge Alberto	SE21-16	193
Dominguez Guadarrama Alejandro*	SE15-15	165	Estrada Porrúa Francisco	CCA-54	21
Dominguez-Mota Francisco Javier	MSG-6	69	Estrada Porrúa Francisco*	SE26-5	210
Dominguez-Mota Francisco Javier	SE25-3	207	Estrada-Ruiz Emilio	CS-13 CARTEL	8
Dominguez Ramírez Luis Antonio*	SE24-15	203	Estrada-Ruiz Emilio	PALEO-12	91
Dominguez Vargas Higicel	CCA-37	18	Estrada-Ruiz Emilio*	SE09-6	148
Doris Karina Doris Karina	GEOQP-3	64	Estrada Sheila	SE15-40 CARTEL	170
Douilly Roby	SIS-36 CARTEL	109	Eysteinsón Hjalmar	EG-37 CARTEL	34
Duchoslav Allan*	SE10-7	152	Fabian Álvarez María de los Ángeles	SE21-15	193
Durán Colmenares Azucena Hermelinda	OCE-5	78	Farfán Gabriela	GEOQP-10	66
Durán-Irigoyen M. Gabriela*	SE15-42 CARTEL	170	Farfán Molina Luis	SE19-8	181
Duran Rodrigo	OCC-7	75	Felix García Cintya Evelyn*	GET-3	53
Duran Rodrigo	OCE-26	82	Fenoglio Limón Fiorella	EG-1	27
Durand Stephanie	SIS-9	103	Fernández Díaz José María*	GET-18 CARTEL	56
Durango Mendoza Alexis	OCE-23	81	Fernández Díaz Violeta Zetzangari	OCE-3	77
Durango Mendoza Fernando Alexis*	CCA-78 CARTEL	25	Fernández Díaz Violeta Zetzangari	OCE-4	77
Durante Giovanni*	OCE-29	83	Fernández Domínguez Dayana*	CCA-24	15
Durante Giovanni	SE15-19	166	Fernández Salvador	RN-7	95
Durazo Arvizu Reginaldo	OCE-41	86	Fernández Salvador*	VUL-2	112
Durazo Reginaldo	OCC-4	74	Fernández-Torres Enrique	GEOD-2	41
Durazo Reginaldo	OCE-39	85	Fernández Torres Enrique	RN-6	95
Durazo Reginaldo	SE15-33	169	Fernández-Villanueva Eugenia	AR-8	2
Dzul García Oscar Antonio	CCA-39	18	Ferrari Luca	EG-37 CARTEL	34
Eguiluz y de Antuñano Samuel	SE02-5	125	Ferrari Luca	GET-21 CARTEL	57
Eliás Gutiérrez Manuel	SE04-8	134	Ferrari Luca	SE20-8	187
Elías-Herrera Mariano	GET-9	54	Ferrari Luca*	SE20-9	187
Elizondo Pacheco Luis Alejandro*	GEOQP-1	64	Ferrari Luca*	SE23-1	198
Enciso Cárdenas Juan Josué	PALEO-9	91	Ferrario María Francesca*	SE01-8	121
Enríquez Cecilia	OCE-25	82	Ferrario María Francesca	SE01-13 CARTEL	122
Enríquez-Gaytán Jesús	SE21-4	190	Ferreira Manuel Eduardo	CCA-81 CARTEL	26
Enríquez Ortiz Cecilia	CCA-80 CARTEL	26	Ferrer Adrián L.	CCA-81 CARTEL	26
Enríquez Ortiz Cecilia Elizabeth	OCE-46 CARTEL	87	Ferrer Hernández Adrián	CCA-74 CARTEL	24
Errasti Orozco Marcela	VUL-3	112	Ferrer Hernández Adrián Luis*	CCA-56 CARTEL	21
Escalante González Jorge	SE21-5	191	Ferrer Parra Vania	SE24-17 CARTEL	204
Escalante Jorge	SE21-14	193	Ferrer Parra Vania	SE25-4	208
Escalante Mancera Edgar	SE15-41 CARTEL	170	Ferrer Parra Vania	GET-17 CARTEL	56
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús	CCA-39	18	Ferrer Vania*	SE25-6	208
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	GET-3	53	Ferrés Dolores	VUL-16	115
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	GET-4	53	Ferrés López María Dolores*	RN-9	96
Escalona-Alcázar Felipe de Jesús*	RN-2	94	Figueroa Córdova Jorge de Jesús	SE09-9	149
Escobar Lennin	SIS-41 CARTEL	110	Figueroa Bernardo	CCA-44	19
Escobar Maya Leobardo	SIS-22	106	Figueroa-Espinoza Bernardo	SE14-1	161
Escobar Sánchez Juana Elia*	SED-2 CARTEL	100	Filonov Anatoliy*	OCC-18 CARTEL	76
Escobedo-Zenil David	AR-3	1	Filonov Anatoliy	SE04-4	133
Escobedo-Zenil David	SE21-13	192	Filonov Anatoliy	SE04-9 CARTEL	134
Escolero Fuentes Óscar Arnoldo	GEOH-13	45	Filonov Anatoliy	SE04-13 CARTEL	135
Esparza López Rodrigo	AR-4	1	Fimbres María Ximena	SE16-9	173
Esparza Posadas Marcos Francisco	SE19-9 CARTEL	181	Fimbres Pacheco María Ximena	SE16-1	172
Esparza Posadas Marcos Francisco*	SE19-10 CARTEL	182	Fitz Díaz Elisa	SE02-1	124
Esparza Romero Yehoshua Yannkov*	SE24-18 CARTEL	204	Fitz Díaz Elisa	SE07-3	141
Espindola Castro Juan Manuel	SIS-43 CARTEL	110	Fitz-Díaz Elisa	SE07-4	142
Espindola Castro Juan Manuel*	VUL-6	113	Fitz-Díaz Elisa	SE09-2	147
Espindola Castro Juan Manuel	SE17-8	176	Fitz-Díaz Elisa	SE09-3	147
Espindola Castro Víctor Hugo	SIS-25	107	Fitz Díaz Elisa	SE09-5	148
Espindola Castro Víctor Hugo	SIS-32 CARTEL	108	Fitz Díaz Elisa*	SE09-10	149
Espindola Castro Víctor Hugo	VUL-6	113	Fitz Díaz Elisa	SE09-12	150
Espindola Castro Víctor Hugo	SE21-16	193	Fitz Díaz Elisa	SE09-13 CARTEL	150
Espindola Castro Víctor Hugo	SE21-20 CARTEL	194	Fitz Díaz Elisa	SE09-14 CARTEL	150
Espindola Víctor Hugo*	SIS-44 CARTEL	111	Fitz Díaz Elisa	SE09-15 CARTEL	150
Espinosa Fernández Estefanía*	SE12-4	156	Fitz-Díaz Elisa*	SE24-7	201
Espinosa Hernández Abdallan	EG-14	30	Fitz-Díaz Elisa	SE24-22 CARTEL	205
Espinosa María de la Luz	CCA-31	16	Fletcher John	EG-12	29
Espinosa Ramírez Alejandro Camilo*	OCE-5	78	Fletcher John	SE01-13 CARTEL	122
Espinoza Juárez Tania Karen*	GEOH-26 CARTEL	48	Flores-Cano José Valente	GP-3	52
Espinoza-Tenorio Alejandro	OCE-24	82	Flores García Karla Astrid*	SED-3 CARTEL	100
Espitia Sánchez Germán	SE21-2	190	Flores Juárez Carlos Aldair	EG-18	30
Esposito Alessandra	SE13-7	160	Flores Lacarra Karla Giovanna	SE22-10 CARTEL	197
Esqueda Maldonado Cristal	GET-13 CARTEL	55	Flores Luna Carlos Francisco*	EG-6	28
Esqueda Maldonado Cristal*	VUL-27 CARTEL	118	Flores Márquez Elsa Leticia	EG-9	28

Flores Márquez Elsa Leticia	EG-25 CARTEL	32	García Franco Jorge Luis	CCA-15	13
Flores Márquez Elsa Leticia	EG-27 CARTEL	32	García García Fernando	CCA-6	12
Flores-Márquez Elsa Leticia	MSG-10	70	García García Fernando	CCA-7	12
Flores Márquez Elsa Leticia	SIS-19	105	García García Fernando	CCA-29	16
Flores-Martínez Nadia Jazmin*	SE24-22 CARTEL	205	García-Gómez B. Ixetl	SE15-21	166
Flores Morales Ana Laura*	OCE-6	78	García Gómez Beatriz Ixetl*	SE15-22	166
Flores Morales Ana Laura	OCE-8	78	García Ivonne	SE15-40 CARTEL	170
Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-8	44	García Jocelyn*	SE24-17 CARTEL	204
Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-25 CARTEL	48	García León Sandra	CS-8	7
Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-28 CARTEL	48	García Loginova Vladimir	SE15-43 CARTEL	171
Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-33 CARTEL	50	García López Ramón Victorino	GEOD-6 CARTEL	42
Flores Ocampo Itzamna Zaknite*	OCE-38	85	García López Ramón Victorino	GEOD-8 CARTEL	42
Flores Ramírez Alejandro*	SE21-19 CARTEL	193	García Lucero Ángeles Berenisse*	SE15-10	164
Flores-Soto Xóchitl	SE21-6	191	García Lucero Ángeles Berenisse	SE15-11	164
Flores-Soto Xóchitl	SE21-7	191	García Lucero Ángeles Berenisse	SE15-38 CARTEL	170
Flores Soto Xóchitl*	SE21-9	192	García Lucero Berenisse	SE12-7	157
Flores Soto Xóchitl	SE21-10	192	García Martínez Ivonne*	OCE-16	80
Flores Soto Xóchitl	SE21-12	192	García Martínez Jimena*	GEOH-21	47
Flores Vidal Xavier	SE15-33	169	García Martínez Rocío	CCA-70 CARTEL	24
Fonseca Moreno Máximo Andrés*	VUL-22 CARTEL	117	García Meza Ignacio Francisco	SE22-7	196
Fonseca Moreno Máximo Andrés	VUL-28 CARTEL	118	García Moreno Luis Manuel	SE09-9	149
Foster-Baril Zachary*	SE07-7	142	García-Muñoz Christian Omar*	SE02-16	127
Foster-Baril Zachary	SE07-8	143	García Nava Héctor	OCC-4	74
Franco Hernández Oscar Alejandro	GET-18 CARTEL	56	García-Nava Héctor	OCC-6	74
Franco Sánchez Sara Ivonne	SIS-32 CARTEL	108	García Nava Héctor	SE15-24	167
Franklin Gemma Louise	OCC-13	76	García Nava Héctor	SE15-41 CARTEL	170
Frei Dirk	SE09-1	147	García-Oliva Felipe	CS-3	6
Frias Diego	SE19-7	181	García-Oliva Felipe	CS-9	8
Fuentes Arreazola Mario Alberto	EG-28 CARTEL	32	García Oscar	SE01-3	120
Fuentes Arreazola Mario Alberto*	EG-35 CARTEL	34	García Palacios Miguel Ángel	AR-16	4
Fuentes Arreazola Mario Alberto	SE08-10 CARTEL	145	García Palacios Miguel Ángel	OCC-9	75
Fuentes Carreón Claudio Alejandro*	SE19-6	181	García Palacios Miguel Ángel	SE03-7	130
Fuentes Karina*	GET-12	55	García Reynoso José Agustín	CCA-64 CARTEL	23
Fuentes Karina	SE08-4	144	García Reynoso José Agustín	SE24-16	204
Fuentes Mariles Oscar Arturo	CCA-40	18	García Rocío	CCA-11	12
Furey Heather	SE15-20	166	García Romero Felipe de Jesús*	OCE-37	84
Galaviz Alonso Sergio Alberto	EG-42 CARTEL	35	García Ruiz Rafael	GEOPAL-4	61
Galaviz Alonso Sergio Alberto	SE24-26 CARTEL	206	García Ruiz Rafael	GEOPAL-10	63
Galeno Rodríguez Miguel Angel*	EG-39 CARTEL	35	García Sánchez David	RN-20 CARTEL	98
Galicia García Anaid	SE24-3	200	García Sánchez Elsa	FE-17	39
Gallagher Kerry	SE05-9	138	García-Sandoval Cristian Alexis*	VUL-21 CARTEL	117
Gallardo Delgado Luis Alonso	SE06-1	139	García Serrano Alejandro*	EG-1	27
Gallardo Delgado Luis Alonso	SE13-1	159	García Serrano Alejandro	SE12-11	158
Gallardo Juárez Vanessa	EG-14	30	García Serrano Alejandro*	SE24-6	201
Gallardo Juárez Vanessa Nicole	SIS-7	103	García Tenorio Felipe*	VUL-32 CARTEL	119
Gallardo Juárez Vanessa Nicole*	SIS-45 CARTEL	111	García Uranga Baudelina	AR-11	3
Gallardo Luis A.	GEOH-6	44	García Valiente Marco	CCA-71 CARTEL	24
Gallardo Luis A.	MSG-15	71	García Valiente Marco	MSG-22 CARTEL	72
Gallardo Luis A.	SE13-2	159	García Velázquez Elvira	MSG-22 CARTEL	72
Gallegos Castillo Cristian	EG-15	30	García Zamorano Eduardo Alfredo	MSG-9	70
Gallegos Castillo Cristian	EG-34 CARTEL	34	Gardonio Blandine	SIS-9	103
Gallegos-Castillo Cristian A.	EG-13	29	Garduño Monroy Victor Hugo	SE01-4	120
Gallegos-Castillo Cristian A.	EG-30 CARTEL	33	Garduño Ramírez Jacqueline*	GET-15 CARTEL	56
Gallegos-Castillo Cristian A.	SE22-6	196	Garduño Soto Aide Samantha	EG-2	27
Gallegos Castillo Cristian Alejandro*	GGA-11 CARTEL	60	Garnica Ibarra Lucia Guadalupe*	GEOH-35 CARTEL	50
Gallegos Gabriel*	OCE-50 CARTEL	88	Garza Rocha Daniel	SE02-13	127
Galván Benítez Miguel Ángel	AR-21 CARTEL	5	Garza Rocha Daniel	SE02-14	127
Gámez Mora Mariana*	SE24-25 CARTEL	206	Garza Rocha Daniel	SE02-15	127
Gámez-Núñez Emmanuel	SE18-3	178	Garza Salazar Adolfo*	FE-5	37
Gaona Martínez Miguel Ángel	MSG-24 CARTEL	73	Gasca Ortiz Tzitali*	SE03-13 CARTEL	131
García Abdeslem Juan*	EG-17	30	Gasca Ortiz Tzitali	SE04-1	133
García Abdeslem Juan	RN-14	97	Gasca Ortiz Tzitali	SE04-2	133
García-Aguilar María C.	SE15-42 CARTEL	170	Gasca Ortiz Tzitali*	SE04-10 CARTEL	134
García Aguirre Tania	MSG-21 CARTEL	72	Gasca Ortiz Tzitali	SE04-11 CARTEL	135
García Agustín*	RN-8	96	Gatica Acevedo Víctor	FE-17	39
García Agustín*	SE03-9	131	Gatica Acevedo Víctor José	FE-2	37
García Agustín R.	CCA-22	15	Gatica Acevedo Víctor José*	FE-4	37
García Amador Bernardo I.	SE09-10	149	Gaxiola-Camacho J. Ramón	GEOD-1	41
García Amador Bernardo Ignacio*	GEOPAL-6	62	Gaxiola-Camacho J. Ramón	GEOD-4	41
García Amador Bernardo Ignacio*	SE03-2	129	Gay Carlos	SE18-1	178
García Ana Guadalupe	SE11-2	154	Gay García Carlos	CCA-52	20
García-Arriola Oscar Agesandro	SE18-4	178	Gay García Carlos	CCA-75 CARTEL	25
García Arthur Miguel Angel	SE22-9 CARTEL	197	Gay García Carlos	SE03-4	129
García-Barrera Pedro	PALEO-5	90	Gay y García Carlos*	CCA-51	20
García Cabrejo Oscar	SE08-6	145	Gentil Mathieu	OCE-13	79
García-Carrillo Paula	SE15-20	166	Gentil Mathieu*	OCE-15	80
García Carrillo Paula*	SE15-36 CARTEL	169	Gentil Mathieu	OCE-21	81
García-Carrillo Paula	SE15-42 CARTEL	170	Gerstenberger Matthew C.	SE01-9	121
García Castelan Daniel*	SIS-39 CARTEL	110	Gil-Bernal Felipe	PALEO-9	91
García Chan Nestor	CCA-24	15	Girón-García María Patricia	SE18-4	178
García Córdova Joaquín A.	OCE-21	81	Girón Luis Iván	VUL-16	115
García Cruzado Sergio A.	RN-21 CARTEL	98	Girón Melgar Luis Iván	RN-9	96
García Cruzado Sergio Armando*	RN-1	94	Glowacka Ewa	RN-18	98
García Cruzado Sergio Armando*	RN-20 CARTEL	98	Glowacka Ewa	SIS-3	102
García Enríquez Mauro Miguel de Jesús*	SIS-46 CARTEL	111	Godínez Domínguez Enrique	OCC-18 CARTEL	76

Godínez Víctor Manuel	OCE-2	77	González Guevara José Luis	SE24-25 CARTEL	206
Gogichaishvili Avto	AR-21 CARTEL	5	González Guevara José Luis	SE24-27 CARTEL	206
Gogichaishvili Avto	GGA-9 CARTEL	59	González Guzmán Renée	GEOQP-1	64
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-4	61	González Hernández Dylan Elyk*	CCA-62 CARTEL	22
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-8	62	González Hernández Galia	AR-15	4
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-10	63	González Hernández Galia	AR-18 CARTEL	4
Gogichaishvili Avto	SED-3 CARTEL	100	González Hernández Galia*	AR-21 CARTEL	5
Gómez Arango Johana Andrea*	GEOQP-12	67	González Hernández Juan	OCE-48 CARTEL	87
Gómez Arias Efraín	SE08-3	144	González Hernández Julio César	CCA-71 CARTEL	24
Gómez-Calderón Daniel Alberto	SE17-7	176	González Hernández Julio César	EG-11	29
Gómez Carballo Nicole Diane	EG-11	29	González Hernández Julio César*	EG-38 CARTEL	35
Gómez Carballo Nicole Diane	MSG-21 CARTEL	72	González Hernández Julio César	EG-43 CARTEL	36
Gómez Cruz Karina*	GEOH-19	46	González Hernández Julio César*	MSG-21 CARTEL	72
Gómez Cruz Karina*	GEOH-36 CARTEL	50	González Hernández Julio César*	MSG-22 CARTEL	72
Gómez González Carlos Daniel	SE03-6	130	González Hernández Julio César	SE24-25 CARTEL	206
Gómez Juan Carlos	RN-19 CARTEL	98	González Hernández Julio César	SE24-27 CARTEL	206
Gómez Lino Thalía	CCA-73 CARTEL	24	González Hernández Sandra Karina	VUL-3	112
Gómez Lobatón Atala*	CS-16 CARTEL	9	González Huizar Héctor*	SIS-36 CARTEL	109
Gómez Piña Christian Daniel*	GGA-7 CARTEL	59	González Huizar Héctor	SE22-4	195
Gómez Ramos Octavio	CCA-22	15	González Ibarra Natllely de Jesús*	SE02-13	127
Gómez Ramos Octavio	CCA-40	18	González-Ixta Yessica*	GET-9	54
Gómez-Ramos Octavio*	OCC-9	75	González Jardines Pedro*	CCA-74 CARTEL	24
Gómez-Ramos Octavio*	SE03-7	130	González Jardines Pedro Manuel	CCA-73 CARTEL	24
Gómez Romero Marcela Elisa*	OCE-46 CARTEL	87	González José Juan	MSG-3	69
Gómez-Tagle Chávez Alberto	SE04-3	133	González Josué	SIS-18	105
Gómez-Treviño Enrique	MSG-5	69	González-León Carlos Manuel	PALEO-11	91
Gómez Treviño Enrique*	MSG-19 CARTEL	72	González López Martina	SE24-26 CARTEL	206
Gómez-Tuena Arturo	SE09-3	147	González Luis Xavier*	FE-16	39
Gómez-Valdés Jorge A.	AR-3	1	González Méndez Luis Xavier	FE-17	39
Gómez-Valdés José	OCE-1	77	González Méndez Luis Xavier	FE-19	39
Gómez Valdés José*	SE15-1	163	González Méndez Luis Xavier	FE-23	40
Gómez Valdés José	SE15-34	169	González Ortega Alejandro	SIS-3	102
Gómez Valdés José*	SE15-35	169	González-Ortega Alejandro*	SE22-7	196
Gómez Valdés José	SE16-1	172	González-Ortega Alejandro	SE22-11 CARTEL	197
Gómez Valdés José*	SE16-9	173	González Ortega Javier Alejandro	VUL-21 CARTEL	117
Gómez Vasconcelos Martha G.	SE01-4	120	González Ortega Javier Alejandro	SE22-8	197
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	GEOH-34 CARTEL	50	González Partida Eduardo	GEOQP-8	65
Gómez-Vasconcelos Martha Gabriela	RN-4	95	González Partida Eduardo	SE02-8	126
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-2	112	González Pedro	CCA-56 CARTEL	21
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-12	114	González Rangel José Antonio*	GEOPAL-5	62
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela*	SE01-3	120	González Rejón Joana Julieta	SE14-3	161
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	SE17-2	175	González Rejón Joana Julieta*	SE16-11	173
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	SE17-3	175	González Salazar Constantino	CCA-54	21
Gómez Vázquez Ángel	VUL-31 CARTEL	119	González del Castillo Eugenia	CCA-67 CARTEL	23
González Agustín	SE21-15	193	Gracia Barrera Ashley David	OCC-14	76
González Alvarez Moisés Daniel*	EG-15	30	Gradilla Martínez Luis Carlos*	SE24-19 CARTEL	204
González Amador María Fernanda*	SE15-28	167	Graef Federico*	SE15-2	163
González Amador María Fernanda	SE16-1	172	Graef Federico	SE15-27	167
González Amador María Fernanda*	SE16-10	173	Graham Kenny M.	SE01-9	121
González Araoz Patricia	GGA-4	58	Granados Chavarria Iván*	EG-14	30
González Ávila Daniel*	SIS-1	102	Granados Chavarria Iván	SIS-7	103
González-Ávila Daniel	SIS-32 CARTEL	108	Granados Chavarria Iván	SIS-45 CARTEL	111
González-Barba Gerardo	PALEO-12	91	Granados-Chavarria Iván*	SE13-5	160
González Becuar Elizard*	GEOQP-16 CARTEL	68	Gress Gómez Lucero Veronica	SE02-10	126
González Cuevas Nadia Linneth	GGA-12 CARTEL	60	Grupo Chicxulub	EG-40 CARTEL	35
González Escobar Mario*	EG-13	29	Grupo de Trabajo Resnom	SE22-2	195
González Escobar Mario	EG-15	30	Grupo de Trabajo Resnom	SE22-6	196
González-Escobar Mario	EG-30 CARTEL	33	Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional	SIS-1	102
González Escobar Mario	EG-32 CARTEL	33	Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional	SIS-44 CARTEL	111
González Escobar Mario	EG-34 CARTEL	34	Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional	SIS-49 CARTEL	111
González Escobar Mario	GGA-11 CARTEL	60	Grupo de trabajo Escuela de Verano de	EG-44 CARTEL	36
González Escobar Mario	SE22-4	195	Geofísica Aplica SEG-CISESE		
González Escobar Mario*	SE22-6	196	Grutter Michel	CCA-66 CARTEL	23
González Esparza J. Américo	FE-2	37	Grutter Michel	CCA-67 CARTEL	23
González Esparza J. Américo	FE-6	37	Grutter de la Mora Michel Alexandre	CCA-26	15
González Esparza J. Américo	FE-24	40	Guerrero Lorena	SE15-40 CARTEL	170
González Esparza Juan Américo	FE-1	37	Guerrero Martínez Fernando Javier*	MSG-9	70
González Esparza Juan Américo	FE-3	37	Guerrero Moreno Lorena	OCE-17	80
González Esparza Juan Américo	FE-4	37	Guerrero Moreno Lorena	SE15-39 CARTEL	170
González-Esparza Juan Américo	FE-15	39	Guerrero Moreno Sandra	PALEO-1	89
González Esparza Juan Américo*	FE-17	39	Guerrero Rojas Víctor Alexis	AR-6	2
González Esparza Juan Américo	FE-22	40	Guevara Aguirre Juan Carlos	OCC-4	74
González Fernández Antonio	EG-10	29	Guevara Betancourt Randall Eduardo	EG-22	31
González Fernández Antonio	EG-12	29	Guevara Mario	CS-10	8
González García Emma Gema	SE02-22 CARTEL	128	Guevara Mario	CS-11	8
González García Hugo Alejandro*	GEOQP-8	65	Guevara Santamaría Mario Antonio	CS-20 CARTEL	10
González-García José Javier*	SE22-1	195	Guijón-Escobar Sebastián	SE24-9	202
González García José Javier	SE22-7	196	Guilbaud Marie-Noelle	SE17-1	175
González Grijalva Belem	CCA-70 CARTEL	24	Guilbaud Marie-Noelle*	SE17-10	176
González Guevara José Luis*	CCA-71 CARTEL	24	Guilbaud Marie-Noelle	SE17-11	177
González Guevara José Luis	EG-11	29	Guilbaud Marie-Noelle	SE17-15 CARTEL	177
González Guevara José Luis	EG-38 CARTEL	35	Guilbaud Marie-Noelle	SE24-9	202
González Guevara José Luis	EG-43 CARTEL	36	Guillén Arandía Germán*	GEOPAL-10	63
González Guevara José Luis	MSG-21 CARTEL	72	Guilick Sean	SE07-6	142
González Guevara José Luis	MSG-22 CARTEL	72	Gutiérrez-Alejandro Alejandra G.	SE02-22 CARTEL	128

Gutiérrez Calderón Raúl	SE24-11	202	Hernández Luna Daniel*	RN-6	95
Gutiérrez Calderón Raúl	SE25-4	208	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-3	94
Gutiérrez Esquivel Akari*	SE19-12 CARTEL	182	Hernández Martín*	GGA-14 CARTEL	60
Gutiérrez-García Genaro*	CCA-48	20	Hernández Martínez Constantina	OCC-5	74
Gutiérrez Grethel*	SE16-5	172	Hernández Muñoz Diana Fernanda*	SE05-6	137
Gutiérrez Mendoza Gerardo	AR-21 CARTEL	5	Hernández Osoy Ariadna*	EG-42 CARTEL	35
Gutiérrez Moreno Diana Carolina*	OCE-12	79	Hernández Osoy Ariadna	SE24-26 CARTEL	206
Gutiérrez Morgado Monserrat*	OCE-42	86	Hernández Pérez Edwin Yael*	CCA-66 CARTEL	23
Gutiérrez-Navarro Rodrigo	SE03-1	129	Hernández Quintero Esteban	SE21-10	192
Gutiérrez Peña Quiriat Jearim	SIS-43 CARTEL	110	Hernández Quintero Juan Esteban	EG-9	28
Gutiérrez-Pérez Jeeny Wendoline	SE24-23 CARTEL	205	Hernández-Quintero Juan Esteban	SE21-6	191
Gutiérrez-Puente Nicté Andrea*	PALEO-9	91	Hernández Quintero Juan Esteban*	SE21-7	191
Gutiérrez Quijada Sergio Valente	OCC-9	75	Hernández-Quintero Juan Esteban	SE21-8	191
Gutiérrez Quijada Sergio Valente	SE03-7	130	Hernández Quintero Juan Esteban	SE21-9	192
Gutiérrez Ricardo Aarón	OCE-35	84	Hernández Quintero Juan Esteban	SE21-12	192
Gutiérrez Ricardo Aarón	OCE-36	84	Hernández Quintero Juan Esteban	SE21-19 CARTEL	193
Gutiérrez-Zalapa Raúl*	FE-21	39	Hernández-Rivera René	PALEO-11	91
Gutiérrez-de la Garza Rocio Citlali	SE24-23 CARTEL	205	Hernández Rogelio	SE09-13 CARTEL	150
Gutiérrez-de la Garza Rocio Citlali*	SE24-24 CARTEL	206	Hernández Rosas Nahuiollin	CCA-58 CARTEL	22
Guzmán-Acevedo G. Michel	GEOD-1	41	Hernández Sánchez José María	GGA-6 CARTEL	59
Guzmán-Acevedo G. Michel	GEOD-4	41	Hernández-Sánchez Oscar	SE15-16	165
Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto	GEOD-6 CARTEL	42	Hernández Teodoro	GEOPAL-3	61
Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto	GEOD-8 CARTEL	42	Hernández Teodoro	VUL-7	113
Guzmán Rosalinda	EG-29 CARTEL	33	Hernández Treviño J. Teodoro*	SE20-11	188
Guzmán Speziale Marco*	SE09-8	149	Hernández Treviño José Teodoro	GEOQP-4	65
Guzmán-Torres José Alberto	MSG-6	69	Hernández Vergara Rogelio*	SE09-5	148
Guzmán-de la Cruz Miguel Ángel*	GEOQP-7	65	Hernández Vergara Rogelio	SE09-10	149
Guzmán-de la Cruz Miguel Ángel*	SIS-5	103	Hernández Vergara Rogelio	SE09-12	150
Haro Corzo Sinhué Amos Refugio	SE24-15	203	Hernández Vergara Rogelio	SE09-14 CARTEL	150
Haroon Amir	EG-10	29	Hernández Vergara Rogelio	SE24-7	201
Hasimoto Beltrán Rogelio	SE12-7	157	Hernández Vergara Rogelio	SE24-22 CARTEL	205
Hasimoto Beltrán Rogelio	SE15-41 CARTEL	170	Hernández Vergara Rogelio	SE24-23 CARTEL	205
Henry Christopher	SE20-2	185	Herrera Chimal Paola Margarita*	CS-17 CARTEL	9
Henry Christopher*	SE20-3	186	Herrera Moro Dulce	CCA-36	17
Heredia Alejandro	SE19-5	180	Herrera Moro Dulce Rosario*	CCA-37	18
Heredia Barbero Alejandro	CS-16 CARTEL	9	Herrera Moro Dulce Rosario	SE24-16	204
Heredia Barbero Alejandro	CS-17 CARTEL	9	Herrera-Novelo Amalia Alejandra*	AR-8	2
Heredia Barbero Alejandro	CS-19 CARTEL	10	Herrera-Vázquez Carlos Francisco*	SE15-24	167
Heredia-Barbero Alejandro	SE19-15 CARTEL	183	Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-16	46
Heredia-Barbero Alejandro	SE19-16 CARTEL	183	Herrera Zamarrón Graciela S.	RN-1	94
Heredia Barbero Alejandro	SE19-20 CARTEL	184	Herrera Zamarrón Graciela S.	RN-21 CARTEL	98
Heredia Barbero Alejandro	SE19-21 CARTEL	184	Herzka Liona Sharon Z.	OCE-35	84
Herguera-García Juan Carlos	OCE-24	82	Herzka Sharon	OCE-13	79
Herguera García Juan Carlos	OCE-34	84	Herzka Sharon Z.*	SE15-16	165
Herguera García Juan Carlos	OCE-37	84	Higuera Parra Susana	SE15-43 CARTEL	171
Hernández Aburto Yasmin*	SE08-7	145	Hinojosa Alejandro	SE24-19 CARTEL	204
Hernández Arizbeth	SE17-9	176	Hinshaw Emily	SE07-7	142
Hernández Ayón Martín	OCE-13	79	Huante Arana Francisco	SE13-1	159
Hernández-Ayón Martín	SE15-16	165	Huerta Alejo Thalía Arcelia*	VUL-17	116
Hernández Beltrán David	SE19-11 CARTEL	182	Huerta Omar	EG-31 CARTEL	33
Hernández-Bernal María del Sol*	GEOQP-14	67	Huerta Thalía	SE24-9	202
Hernández Bernal María del Sol	GEOQP-17 CARTEL	68	Huerta Vergara Alma Rosa*	GEOH-13	45
Hernández Bernal María del Sol	GEOQP-18 CARTEL	68	Huerta-Vergara Alma Rosa	SE24-14	203
Hernández-Bravo Jhoana Paola	CS-10	8	Huipé Domratcheva Elizandro	MSG-3	69
Hernández-Bravo Jhoana Paola	CS-11	8	Huipé Domratcheva Elizandro*	RN-13	97
Hernández Cristerna Meztli Jashui*	OCC-12	75	Huipé Domratcheva Elizandro	SE21-15	193
Hernández Cruz Luis Antonio*	GET-19 CARTEL	56	Hurtado Díaz Alejandro	SE21-16	193
Hernández-Damián Ana	PALEO-7	90	Husker Allen	EG-8	28
Hernández-Damián Ana L.	PALEO-13	92	Husker Allen	SE09-9	149
Hernández Damián Ana Lilia*	PALEO-10	91	Ibarra-Arzave Georgina*	CS-3	6
Hernández Damián Ana Lilia	PALEO-14	92	Ibarra-Ortega Héctor	GEOPAL-11	63
Hernández-Damián Ana Lilia	SE24-14	203	Ibarra Ortega Héctor Enrique	GEOPAL-9	62
Hernández Díaz Laura Fabiola*	VUL-23 CARTEL	117	Ibarra Ortega Héctor Enrique*	SE21-3	190
Hernández Espriú Antonio	GEOH-1	43	Ibarra Ortega Héctor Enrique	SE21-5	191
Hernández Espriú Antonio*	GEOH-4	43	Ibarra Ortega Héctor Enrique*	SE21-14	193
Hernández Espriú Antonio	GEOH-13	45	Ibarra Ortega Héctor Enrique	SE24-1	200
Hernández Espriú Antonio	GEOH-27 CARTEL	48	Iglesias Arturo	SIS-14	104
Hernández García Guillermo de Jesús*	MSG-7	69	Iglesias Arturo	SIS-32 CARTEL	108
Hernández García Jaciel	SE19-9 CARTEL	181	Iglesias Mendoza Arturo	SIS-8	103
Hernández García Jaciel	SE19-10 CARTEL	182	Iglesias Mendoza Arturo	SIS-10	104
Hernández Garrido Mario Ángel	EG-19	31	Iglesias Mendoza Arturo	SIS-25	107
Hernández-Gómez Jorge Javier	CCA-68 CARTEL	23	Iglesias Mendoza Arturo	SIS-49 CARTEL	111
Hernández-Gómez Jorge Javier	SE21-4	190	Iglesias Mendoza Arturo	SE21-1	190
Hernández Gómez Jorge Javier	SE21-17 CARTEL	193	Iglesias-Mendoza Arturo	SE21-16	193
Hernández-Gómez Jorge Javier	SE21-18 CARTEL	193	Iglesias-Mendoza Arturo	SE21-20 CARTEL	194
Hernández-Guerra Alonso	SE15-9	164	Inguaggiato Claudio	CCA-70 CARTEL	24
Hernández Hernández Aurora	RN-15	97	Inguaggiato Claudio	VUL-9	114
Hernández Hernández Aurora*	RN-16	97	Inguaggiato Claudio*	VUL-10	114
Hernández-Hernández Guadalupe	SE24-9	202	Inguaggiato Claudio	SE08-5	144
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-16	46	Inguaggiato Claudio	SE08-11 CARTEL	146
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-24	47	Inguaggiato Salvatore*	VUL-9	114
Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-28 CARTEL	48	Iñiguez Pacheco José Enrique	GGA-5 CARTEL	58
Hernández Hernández Mario Alberto	MSG-9	70	Instituto de Geofísica Grupo de trabajo del	SE21-16	193
Hernández Hernández Mario Alberto	MSG-24 CARTEL	73	Servicio Sismológico Nacional		
Hernández Hernández Mario Alberto*	SE23-4	199	Irigoyen José Rafael	SE11-2	154

Iriondo Alexander*	SE20-4	186	Kretzschmar Thomas	CCA-53	21
Iriondo Alexander*	SE20-13	188	Kretzschmar Thomas Gunter	GGA-5 CARTEL	58
Iriondo Alexander*	SE20-14	188	Krishna Singh Shri	SIS-25	107
Iriondo Alexander*	SE20-16 CARTEL	189	Kshirsagar Pooja	VUL-22 CARTEL	117
Islas Villamar Fernando Jesús*	GEOH-37 CARTEL	50	Kshirsagar Pooja*	VUL-28 CARTEL	118
Israde Alcántara Isabel	SED-3 CARTEL	100	Lacan Pierre*	SE01-1	120
Israde Alcántara Isabel	SE01-3	120	Lacan Pierre	SE01-3	120
Iturbe Domínguez Carolina	VUL-28 CARTEL	118	Lacan Pierre	SE01-4	120
Iturbe Domínguez Carolina	SE09-9	149	Lacan Pierre	SE01-5	121
Iturraran Ursula	SIS-21	106	Lacan Pierre	SE01-6	121
Iturrarán-Viveros Ursula	SIS-22	106	Lacan Pierre	SE01-7	121
Iturrieta Pablo	SE01-9	121	Lacan Pierre	SE01-10	122
Ivanenko Alexander	GET-7	54	Lacan Pierre	SE01-13 CARTEL	122
Jácome Paz Mariana Patricia	GGA-8 CARTEL	59	Lachance Janice	CCA-55	21
Jácome Paz Mariana Patricia	RN-21 CARTEL	98	Lacroix Brice	SE09-2	147
Jácome Paz Mariana Patricia	SE08-11 CARTEL	146	Ladino Luis	CCA-61 CARTEL	22
Jácome Paz Mariana Patricia	SE08-12 CARTEL	146	Ladino Luis A.	CCA-13	13
Jácome Paz Mariana Patricia*	SE17-9	176	Ladino Luis Antonio	CCA-11	12
Jaime-Rodríguez Diego	SE07-2	141	Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-12	13
Jaimes Miguel Ángel	SE01-12	122	Landa Arreguin Jorge Federico	GEOH-8	44
Jayne Steven	SE15-20	166	Lanzano Giovanni	SIS-26	107
Jazcilevich Diamant Arón	CCA-28	16	Lanzano Giovanni	SIS-27	107
Jazcilevich Diamant Arón	CCA-64 CARTEL	23	Lara Cruz Patricia*	SE19-14 CARTEL	183
Jenchen Uwe	EG-34 CARTEL	34	Lara Jorge Iván	RN-4	95
Jenchen Uwe	PALEO-4	89	Lara Jorge Iván	RN-7	95
Jenchen Uwe	SE02-11	126	Lara Lara José Rubén	OCE-37	84
Jenchen Uwe	SE02-12	126	Lara-Lara Rubén	OCE-40	85
Jiménez Camargo Jubier Alonso	SE25-8	209	Lara Lara Rubén	OCE-41	86
Jiménez Coria Nicolás*	GGA-9 CARTEL	59	Lara Montiel Ilce Tlanezi*	SE03-10	131
Jiménez Delgadillo Erika	CCA-36	17	Lara Rubén	OCE-39	85
Jiménez Delgadillo Erika	CCA-59 CARTEL	22	Lara Ruiz Jorge Iván	SE17-12	177
Jiménez Delgadillo Erika Guadalupe*	CCA-60 CARTEL	22	Larrañaga Marco*	OCE-19	81
Jiménez Delgado Gerardo	AR-5	2	Larrañaga Marco	SE15-33	169
Jiménez-Escalona José Carlos	SE04-7	134	Lavin Miguel	SE15-4	163
Jiménez González Rocio Berenice*	AR-13	3	Lawton Tim	GET-20 CARTEL	57
Jiménez González Rocio Berenice*	AR-18 CARTEL	4	Lázaro Bosques Brenda Berenice	SIS-46 CARTEL	111
Jiménez González Rocio Berenice*	AR-19 CARTEL	4	Lázaro-Larios Arceo Ernesto*	EG-30 CARTEL	33
Jiménez Haro Adrián	SE01-4	120	Leal Mercado Arely Sarahí	GEOQP-18 CARTEL	68
Jiménez Karina	SE15-40 CARTEL	170	León Cortez Raúl*	EG-32 CARTEL	33
Jiménez Méndez Karina*	SE15-19	166	León Cruz José Francisco	CCA-2	11
Jiménez Mendoza Giovanni Adrian	EG-18	30	León Cruz José Francisco*	CCA-4	11
Jiménez Morales Jorge Luis*	EG-21	31	León Cruz José Francisco	SE15-30	168
Jiménez-Vázquez Adriana Guadalupe	GEOQP-7	65	León Figueroa Leonardo de Santiago*	GEOPAL-2	61
John Selvamony Armstrong Altrin Sam	OCE-38	85	León Soto Gerardo	SIS-15	105
Jonah Olusegun	FE-14	39	Lesage Bastien	SE05-9	138
Jordan Thomas	SE13-4	159	Levchenko Oleg	GET-7	54
Jouanno Julien	OCE-19	81	Levresse Gilles	GET-17 CARTEL	56
Jouanno Julien*	SE15-13	164	Levresse Gilles	VUL-10	114
Jouanno Julien	SE15-15	165	Liendo Stuardo Rodrigo	AR-6	2
Jouanno Julien	SE15-19	166	Ligorred Perramon Josep	AR-1	1
Jouanno Julien	SE15-40 CARTEL	170	Linacre Lorena	OCE-13	79
Juárez Álvarez Claudia	SE03-10	131	Linacre Lorena	OCE-35	84
Juárez-Arriaga Egar	SE02-5	125	Linacre Lorena*	OCE-39	85
Juárez Faustino*	SE23-2	198	Linacre Lorena*	OCE-40	85
Juárez López Karla Rocio	EG-4	27	Linacre Lorena	OCE-41	86
Juárez López Karla Rocio*	GEOH-3	43	Linacre Rojas Lorena Patricia	OCE-36	84
Juárez Reyes Antonio	SE19-3	180	Liñán Abanto Rafael Nery*	CCA-33	17
Juárez Reyes Marisol*	SE08-5	144	Liñán Abanto Rosa María	CCA-33	17
Juárez Rodríguez Octavio	SE21-9	192	Linares Carlos	SE02-8	126
Juárez Rodríguez Octavio	SE21-10	192	Linares Pérez Juan Eduardo*	SE12-12	158
Juárez Torres José Ángel	CCA-71 CARTEL	24	Lira-Beltrán R. Marcela*	VUL-4	112
Juárez Torres José Ángel	EG-11	29	Lira Chino Ángel	SE24-27 CARTEL	206
Juárez Torres José Ángel	EG-38 CARTEL	35	Lira Chino Ángel Leonel	MSG-21 CARTEL	72
Juárez Torres José Ángel	EG-43 CARTEL	36	Lira Mendoza Francisco Javier	GET-14 CARTEL	55
Juárez Torres José Ángel	MSG-21 CARTEL	72	Lira Mendoza Francisco Javier	SE08-8	145
Juárez Torres José Ángel	MSG-22 CARTEL	72	Livio Franz	SE01-8	121
Juárez Torres José Ángel	SE24-25 CARTEL	206	Lizardo Castro Cecilia*	EG-11	29
Juárez Torres José Ángel	SE24-27 CARTEL	206	Longo Karla María	CCA-81 CARTEL	26
Juárez Zúñiga Alan*	SE13-4	159	Lopera Gasca Ana Cecilia	SE03-10	131
Juárez Zúñiga Sandra*	GET-20 CARTEL	57	López Aide	EG-3	27
Julià Miralles Marc*	EG-12	29	López-Álvarez Briseida	GEOH-18	46
Junge Andreas	EG-37 CARTEL	34	López-Balcázar Carlos Alberto	CCA-68 CARTEL	23
Jurado Méndez Marina*	GEOH-31 CARTEL	49	López Bautista Víctor Hugo*	SE19-13 CARTEL	182
Karlovich Yuri	FE-11	38	López Carlos	CCA-44	19
Karlovich Yuri*	FE-13	38	López Erick	CS-4	6
Kaur Tejinder	VUL-22 CARTEL	117	López Espinoza Erika Danaé*	CCA-17	14
Kazachkina Ekaterina*	SE01-6	121	López Espinoza Erika Danaé	CCA-37	18
Keppie Moorhouse John Duncan	EG-25 CARTEL	32	López Espinoza Erika Danaé	CCA-40	18
Keppie Moorhouse John Duncan	EG-27 CARTEL	32	López Espinoza Erika Danaé*	CCA-58 CARTEL	22
Kerans Charles	GET-20 CARTEL	57	López Espinoza Erika Danaé	OCC-9	75
Kimbrough David*	SE20-5	186	López-Espinoza Erika Danaé*	SE10-5	152
Kohler Monica	SIS-41 CARTEL	110	López García Pedro	SE21-10	192
Kono Martínez Tadashi	OCC-14	76	López Genova Alexei*	SE19-18 CARTEL	183
Kotzakoulakis Konstantinos	SE15-38 CARTEL	170	López González José	SE14-4	161
Kovacs Istvan	GEOQP-9	66	López Linares Carlos	AR-14	4

López Loera Héctor	EG-21	31	Martín Arturo*	SE20-10	187
López López Leyslie Berenice*	SE02-12	126	Martin Del Pozzo Ana Lillian	RN-8	96
López López Ricardo	CS-14 CARTEL	9	Martin Del Pozzo Ana Lillian*	VUL-3	112
López López Ricardo	CS-15 CARTEL	9	Martin Del Pozzo Ana Lillian	VUL-26 CARTEL	117
López Manuel	OCC-3	74	Martin-Loeches Miguel	GEOH-5	44
López Mariscal Manuel*	OCE-7	78	Martínez Alicia	VUL-3	112
López Martínez Margarita*	SE20-7	187	Martínez-Arroyo Amparo	CCA-31	16
López Martínez Rafael	CS-6	7	Martínez-Báez-Téllez María Fernanda	SE17-10	176
López Mejía Javier	AR-5	2	Martínez Calvo José Andrés*	CS-1	6
López-Ocaña Gaspar	CCA-43	19	Martínez Calvo José Andrés	EG-24	31
López Pérez Jorge Ulises*	SE19-20 CARTEL	184	Martínez Calvo José Andrés	VUL-19	116
López Pérez Jorge Ulises	SE19-21 CARTEL	184	Martínez-Campuzano Uriel Alberto	SE24-24 CARTEL	206
López-Quiroz Penélope*	SE03-3	129	Martínez Cinthia*	SIS-38 CARTEL	109
López Ramírez Jared Abdiel	GEOH-20	47	Martínez Cruz Diego Armando	GEOH-2	43
López Saucedo Felipe de Jesús	GGA-2	58	Martínez Diego	SE11-2	154
López Valdés Néstor	RN-21 CARTEL	98	Martínez Félix Carlos Alberto	FE-10	38
López-Villagómez Óscar*	SE08-3	144	Martínez Flores César	SE19-20 CARTEL	184
Loredo Portales René	GGA-13 CARTEL	60	Martínez Flores César	SE19-21 CARTEL	184
Loredo-Portales René*	SE05-10	138	Martínez-García Ana Sofía	SE24-24 CARTEL	206
Loyola-Martínez Erika*	GEOH-15	45	Martínez Gómez Jesús Daniel*	SE24-2	200
Loza Aguirre Isidro	GET-21 CARTEL	57	Martínez González Alejandra Isabel*	SE22-5	196
Loza Rodríguez Eduardo*	SE04-11 CARTEL	135	Martínez González Elisa	SE19-12 CARTEL	182
Luis Alejandro Luis Alejandro	CCA-67 CARTEL	23	Martínez-González José Antonio	AR-3	1
Lukeneder Alexander	PALEO-17 CARTEL	93	Martínez-González José Antonio	SE21-13	192
Lupi Matteo	SE06-2	139	Martínez Hernández Diana Carolina*	SIS-37 CARTEL	109
Lupi Matteo	SE06-3	139	Martínez Hugo Carlos	SE21-15	193
Lupi Matteo*	SE06-4	139	Martínez Jaramillo Daniel	VUL-5	113
Maass Manuel	GEOH-12	45	Martínez Jaramillo Daniel*	SE01-7	121
Macías Bermúdez Saúl	SE17-12	177	Martínez Jiménez Myriam	EG-44 CARTEL	36
Macías Castillo Marco Antonio	SIS-7	103	Martínez López Benjamín	CCA-5	11
Macías Castillo Marco Antonio	SIS-39 CARTEL	110	Martínez López Benjamín*	SE15-31	168
Macías Castillo Marco Antonio	SIS-45 CARTEL	111	Martínez López María del Rosario*	SIS-11	104
Macías Iñiguez Isabela*	SE08-4	144	Martínez López María del Rosario*	SIS-16	105
Macías José Luis	GEOQP-10	66	Martínez-López Rosario	SIS-32 CARTEL	108
Macías José Luis	GEOQP-11	66	Martínez Marlemys	SE18-1	178
Macías José Luis	RN-4	95	Martínez Mirón Yleana Claudia	CCA-71 CARTEL	24
Macías José Luis	RN-7	95	Martínez Mirón Yleana Claudia	EG-11	29
Macías José Luis	RN-19 CARTEL	98	Martínez Mirón Yleana Claudia	EG-38 CARTEL	35
Macías José Luis*	VUL-1	112	Martínez Mirón Yleana Claudia	EG-43 CARTEL	36
Macías José Luis	VUL-12	114	Martínez Mirón Yleana Claudia	MSG-21 CARTEL	72
Macías José Luis	VUL-25 CARTEL	117	Martínez Mirón Yleana Claudia	MSG-22 CARTEL	72
Macías-Vázquez José Luis	AR-8	2	Martínez Mirón Yleana Claudia	SE24-25 CARTEL	206
Macías Vázquez José Luis	GEOQP-9	66	Martínez Mirón Yleana Claudia	SE24-27 CARTEL	206
Macías Vázquez José Luis	SIS-10	104	Martínez Navarrete Gerardo	CCA-80 CARTEL	26
Macías Vázquez José Luis	VUL-2	112	Martínez-Nicolás Alma*	MSG-10	70
Maciel Christian Alexander*	GGA-6 CARTEL	59	Martínez-Ocampo Jonathan	FE-11	38
Maciel Flores Roberto	GEOH-35 CARTEL	50	Martínez Osorio José Gregorio*	GP-1	52
Maciel Flores Roberto	GGA-6 CARTEL	59	Martínez Osorio José Gregorio	GP-2	52
Madondo Josep	SE02-9	126	Martínez Reyes José*	GET-14 CARTEL	55
Madondo Joseph	SE02-8	126	Martínez Reyes José*	SE08-8	145
Madrigal Gómez José Manuel	SE21-11	192	Martínez Ricardo*	OCE-45 CARTEL	86
Magar Vanesa	OCE-2	77	Martínez Sánchez Esmeralda	SE02-21 CARTEL	128
Magno Cantalice Kleyton	PALEO-8	90	Martínez-Yrizar Diana*	AR-17 CARTEL	4
Maldonado Blanca	EG-2	27	Martínez Yrizar Diana	AR-18 CARTEL	4
Maldonado Moreno Edy Juan José	RN-9	96	Martínez Yrizar Diana	AR-20 CARTEL	5
Maldonado Villanueva Roberto	GEOQP-1	64	Martini Michelangelo	SE09-4	148
Maldonado Vite María Eugenia	AR-14	4	Marzocchi Warner	SE01-9	121
Malpica Elisa*	VUL-7	113	Maslo Aljaz	SE15-47 CARTEL	171
Maltseva Olga A.	FE-4	37	Mastache-Román Edgar Agustín	EG-13	29
Mancho Ana María	OCE-10	79	Mastache Román Edgar Agustín	EG-15	30
Mandujano García Cruz Daniel	GET-3	53	Mastache-Román Edgar Agustín	EG-30 CARTEL	33
Mandujano García Cruz Daniel	GET-4	53	Mastache Román Edgar Agustín	EG-34 CARTEL	34
Mandujano-García Cruz Daniel	RN-2	94	Mastache Román Edgar Agustín	GGA-11 CARTEL	60
Manea Marina*	MSG-23 CARTEL	72	Mastache-Román Edgar Agustín	SE22-6	196
Manea Vlad Constantin	MSG-23 CARTEL	72	Mastache Román Edgar Agustín	SE24-19 CARTEL	204
Manjarrez Fernández Omar Sebastián*	OCE-3	77	Mata Cristhian	SE21-15	193
Manrique Ortega Mayra D.	AR-11	3	Mathieu Pertion	SIS-20	106
Manrique Ortega Mayra Dafne*	AR-12	3	Matías-Pérez Víctor	GP-3	52
Maravilla Meza María Dolores*	SE19-1	180	Matías Pérez Víctor	SE02-19	128
Marcos Denardin Clezio	FE-14	39	Maury René C.	SE20-6	186
Marín Celestino Ana Elizabeth	GEOH-2	43	Maxfield Nicolas*	SE11-5 CARTEL	155
Marín Hernández Mark	OCE-25	82	Maya Magaña María Eugenia	OCC-5	74
Mariño Tapia Ismael	CCA-80 CARTEL	26	McGurk Marshal	SIS-41 CARTEL	110
Mariño Tapia Ismael	OCE-25	82	McLoughlin Stephen	PALEO-7	90
Mariño Tapia Ismael de Jesús	OCC-10	75	Medeiro Feitosa Otavio	CCA-81 CARTEL	26
Marinova Yulia	GET-7	54	Medina Ávila Julio César	SE04-12 CARTEL	135
Maroun González Nagibe	SE21-6	191	Medina Cabrera Arturo*	SE24-3	200
Márquez Arellano Pamela Bibiana*	GGA-5 CARTEL	58	Medina Castañeda Carlos Iván*	PALEO-8	90
Márquez Ramírez Víctor	EG-37 CARTEL	34	Medina Chávez Geovanni	SE04-12 CARTEL	135
Márquez Ramírez Víctor Hugo	VUL-15	115	Medina Edgar	SE02-9	126
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SE01-2	120	Medina-González Isabel	AR-11	3
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SE21-1	190	Medina Nuñez Diego Carlos	SE17-10	176
Márquez Xiomara*	OCC-1	74	Medina-Pérez Edgar	SE02-5	125
Marsan David	SIS-9	103	Medina Suárez Víctor Hugo	AR-2	1
Marsooli Reza	OCC-7	75	Medrano Escobedo Elise Anaís*	GEOD-5 CARTEL	41

Medrano Jaimes Hernan Favio	SE15-10	164	Mishra Sumit	GEOQP-6	65
Medrano Jaimes Hernan Favio	SE15-14	165	Mishra Sumit	SE02-8	126
Medrano Jaimes Hernan Favio	SE15-38 CARTEL	170	Mitre Andrea*	OCC-3	74
Medrano Jaimes Hernan Favio*	SE16-2	172	Mitre Andrea*	SE16-8	173
Mejía Ambríz Julio	FE-3	37	Mitre Apaez Andrea	SE16-1	172
Mejía Ambríz Julio	FE-17	39	Molina-Espinoza Lázaro	GP-3	52
Mejía Ambríz Julio César	FE-6	37	Molina Santiago Mario	SE09-9	149
Mejía-Ambríz Julio César*	FE-22	40	Molina-Sevilla Paola*	SE19-16 CARTEL	183
Mejía Cisneros Nohemi	SE24-26 CARTEL	206	Molina-Sevilla Paola	SE19-17 CARTEL	183
Mejía Gabriel	SIS-18	105	Molina Sevilla Paola	SE19-18 CARTEL	183
Mejía-Luna Isabel	SE24-20 CARTEL	205	Molino Minero-Re Erik	SE12-11	158
Mejía Pérez José Alfredo	CCA-71 CARTEL	24	Moncada María	VUL-16	115
Mejía Pérez José Alfredo	EG-11	29	Moncada-Sánchez Cristina Daniela	VUL-22 CARTEL	117
Mejía Pérez José Alfredo	EG-38 CARTEL	35	Moncada Vázquez María	RN-9	96
Mejía Pérez José Alfredo	EG-43 CARTEL	36	Mondragón Rodríguez Román Damián*	CCA-75 CARTEL	25
Mejía Pérez José Alfredo	MSG-21 CARTEL	72	Monjardín-Quevedo Jesús	GEOD-1	41
Mejía Pérez José Alfredo	MSG-22 CARTEL	72	Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe*	GEOD-6 CARTEL	42
Mejía Pérez José Alfredo	SE24-25 CARTEL	206	Monjardín Quevedo Jesús Guadalupe	GEOD-8 CARTEL	42
Mejía Pérez José Alfredo	SE24-27 CARTEL	206	Monreal Gómez María Adela	SE18-7	179
Mejía Piña Karla Gabriela	OCE-3	77	Monreal Roque Eduardo	SE09-1	147
Mejía Piña Karla Gabriela	OCE-4	77	Montalvo Arrieta Juan Carlos	EG-34 CARTEL	34
Mejía-Roldan Angelica*	PALEO-12	91	Montalvo Lara Carlos Emilio	SIS-12	104
Meléndez López Adriana	CS-16 CARTEL	9	Montalvo-Lara Carlos Emilio	SIS-13	104
Meléndez-López Adriana	SE19-15 CARTEL	183	Montalvo Lara Carlos Emilio*	SE13-8 CARTEL	160
Meléndez López Adriana Leticia	CS-17 CARTEL	9	Monterde Andrade Fernando*	FE-19	39
Meléndez López Adriana Leticia*	CS-19 CARTEL	10	Monterde Andrade Fernando	FE-23	40
Meléndez-López Adriana Leticia	SE19-5	180	Monterde Daniela*	CCA-2	11
Meléndez López Adriana Leticia	SE19-19 CARTEL	184	Montero Martínez Guillermo	CCA-6	12
Melgarejo Morales Angela	FE-2	37	Montero Martínez Guillermo	CCA-7	12
Melgarejo Morales Angela*	FE-10	38	Montero Martínez Guillermo*	CCA-14	13
Melgarejo Morales Angela	FE-17	39	Montero Martínez Guillermo	CCA-29	16
Membrillo Abad Alejandra Selene	MSG-9	70	Montero Pérez Valeria	EG-44 CARTEL	36
Mena Negrete Joseline	EG-18	30	Monterrubio Martínez Erandi*	SE12-2	156
Mena Negrete Joseline	EG-19	31	Monterrubio-Martínez Erandi	SE12-6	157
Méndez-Barroso Luis Arturo	GEOH-31 CARTEL	49	Montes Aréchiga Jorge	OCE-12	79
Méndez-Barroso Luis Arturo*	SE14-1	161	Montes Aréchiga Jorge Manuel	CCA-24	15
Méndez-Barroso Luis Arturo	SE14-6 CARTEL	162	Montes Aréchiga Jorge Manuel	CCA-72 CARTEL	24
Méndez Delgado Sóstenes	SE02-7	125	Montes Aréchiga Jorge Manuel*	OCE-48 CARTEL	87
Méndez-Delgado Sóstenes	SE02-16	127	Montes Ávila Isidro	GEOH-20	47
Méndez Delgado Sóstenes	SE02-17	127	Montes-Osnaya Nayely	PALEO-7	90
Méndez Delgado Sóstenes	SE02-19	128	Montes Torres Cesar Eduardo*	EG-33 CARTEL	34
Mendiola López Fabiola	VUL-32 CARTEL	119	Monzón César	OCC-18 CARTEL	76
Mendo-Pérez Gerardo	SE21-8	191	Monzón César	SE04-4	133
Mendoza Aguilar Brenda Yutziny*	CCA-46	19	Monzón César	SE04-13 CARTEL	135
Mendoza Borunda Ramón	GGA-11 CARTEL	60	Monzón César Octavio	CCA-41	18
Mendoza Carlos	SIS-11	104	Monzón César Octavio	SE04-9 CARTEL	134
Mendoza Carlos	SIS-32 CARTEL	108	Mora Anderson*	SE08-6	145
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SIS-8	103	Mora Chaparro Juan Carlos	GGA-9 CARTEL	59
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SE21-1	190	Mora Escalante Rodney E.	SE15-23	167
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús*	SE21-16	193	Mora Palomino Lucy	GEOH-31 CARTEL	49
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús*	SE21-20 CARTEL	194	Mora Palomino Lucy Natividad	SE24-7	201
Mendoza Rosas Ana Teresa*	VUL-25 CARTEL	117	Mora Palomino Lucy Natividad	SE24-24 CARTEL	206
Mendoza-Rosas Ana Teresa	SE17-5	175	Mora Rodríguez Cecilia	SE03-10	131
Mendoza-Rosas Ana Teresa	SE17-7	176	Morales Acoltzi Tomás*	CCA-45	19
Mendoza Rosas Ana Teresa	SE17-13 CARTEL	177	Morales Acoltzi Tomás*	SE18-1	178
Mendoza-Téllez Sebastián	SE19-17 CARTEL	183	Morales Arredondo José Iván*	GEOH-8	44
Mendoza Torres José Eduardo*	FE-12	38	Morales Arredondo José Iván	GEOH-25 CARTEL	48
Menéndez Gudiel Claudia	SE24-21 CARTEL	205	Morales Arredondo José Iván	GEOH-26 CARTEL	48
Meneses-Ponce Cecilia	SIS-42 CARTEL	110	Morales Arredondo José Iván	GEOH-28 CARTEL	48
Mérour Éléonore	SE17-10	176	Morales Arredondo José Iván	GEOH-33 CARTEL	50
Meunier Thomas	OCE-15	80	Morales Casique José	SE24-7	201
Meunier Thomas	OCE-21	81	Morales Casique Eric	SE24-23 CARTEL	205
Meunier Thomas	SE15-20	166	Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-4	61
Meunier Thomas	SE15-36 CARTEL	169	Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-10	63
Meza Carreto Jaime*	CCA-44	19	Morales Edwin	OCE-13	79
Meza David*	SE09-13 CARTEL	150	Morales-Gaona Víctor*	GEOQP-11	66
Meza Fematt David	SE09-14 CARTEL	150	Morales Hernández Irving	GGA-12 CARTEL	60
Meza-Fematt David	SE24-22 CARTEL	205	Morales Juan	GEOPAL-8	62
Meza Figueroa Diana	CCA-70 CARTEL	24	Morales Pérez Alina	SE16-1	172
Meza-Landero Hiram Abif	SE15-30	168	Morales-Pérez Arturo	SE05-10	138
Michetti Alessandro	SE01-8	121	Morales Xochihua Luis Alberto	GET-19 CARTEL	56
Michetti Alessandro M.	SE01-13 CARTEL	122	Morán Ramírez Janete	GEOH-7	44
Millán Malo Beatriz	SE25-4	208	Morán-Ramírez Janete	GEOH-10	44
Millán Motolinia Carmen	GET-6	54	Morán Ramírez Janete	GEOH-14	45
Millán Núñez Eduardo*	OCE-43 CARTEL	86	Morán-Ramírez Janete	GEOH-15	45
Millán Villa Abraham	SE15-47 CARTEL	171	Morán Ramírez Janete	GEOH-17	46
Mirabal-Gómez Uriel	OCE-40	85	Morán-Ramírez Janete*	GEOH-18	46
Mirabal Gómez Uriel*	OCE-41	86	Morán Zenteno Dante J.	SE09-10	149
Mirabal Uriel	OCE-13	79	Morán Zenteno Dante Jaime*	SE09-11	149
Mirabal Uriel	OCE-39	85	Morán Zenteno Dante Jaime*	SE10-3	152
Miranda Avilés Raul	VUL-22 CARTEL	117	Moreles Efraín	CCA-44	19
Miranda-Aviles Raul	VUL-28 CARTEL	118	Moreles Miguel Ángel	MSG-11	70
Miranda Bojórquez Luis Erasmo	SE15-34	169	Moreno-Casasola Barceló Patricia	GEOH-14	45
Miranda Claudes Blanca Adilen*	CCA-29	16	Moreno-Casasola Patricia	SE12-2	156
Miranda Sánchez Narda Isabella*	CCA-6	12	Moreno Cruz Joel	SIS-37 CARTEL	109

Moreno Gloria	EG-31 CARTEL	33	Núñez Escribano Diana	EG-35 CARTEL	34
Moreno Nava Ignacio	GET-14 CARTEL	55	Núñez Garibay José Luis*	SE02-11	126
Moreno Nava Ignacio	SE08-8	145	Núñez Leal María Alejandra	SE22-4	195
Moreno Rodríguez Verónica	GGA-13 CARTEL	60	Núñez Leal María Alejandra	SE22-9 CARTEL	197
Moreno-Rodríguez Verónica	SE05-10	138	Núñez Leal María Alejandra	SE22-10 CARTEL	197
Mortera Carlos	GET-1	53	Núñez Meneses Andrés	SE01-4	120
Mortera Gutiérrez Carlos	EG-8	28	Núñez Meneses Andrés*	SE01-5	121
Mortera Gutiérrez Carlos	GET-6	54	Núñez-Useche Fernando	PALEO-6	90
Morton Bermea Ofelia	CCA-70 CARTEL	24	Núñez Useche Fernando	PALEO-9	91
Mosso Mendoza Evelyn Abigail*	GEOH-28 CARTEL	48	Núñez Useche Fernando	SE24-3	200
Munguía Daniela*	SE15-40 CARTEL	170	Nuviedo Alexis	SE21-15	193
Muñiz Mariana	OCE-13	79	Ocampo Díaz Yam Zul Ernesto	SE07-2	141
Munoz Burbano Francisco Javier*	SE06-2	139	Ocampo Francisco Javier	SE15-33	169
Munoz Burbano Francisco Javier*	SE06-3	139	Ocampo Jaimes Jesús*	SE15-27	167
Muñoz Máximo Ignacio	CS-1	6	Ocampo-Torres Francisco J.	OCC-6	74
Muñoz Máximo Ignacio	EG-24	31	Ocampo-Torres Francisco J.	OCE-30	83
Muñoz Máximo Ignacio	VUL-19	116	Ocampo Torres Francisco J.	SE12-7	157
Muñoz Máximo Ignacio*	SE11-3	154	Ocampo-Torres Francisco J.	SE15-21	166
Muñoz Máximo Ignacio	SE11-4	155	Ocampo-Torres Francisco J.	SE15-22	166
Muñoz Máximo Ignacio	SE23-5	199	Ocampo Torres Francisco J.	SE15-23	167
Muñoz Máximo Ignacio*	SE23-6	199	Ocampo Torres Francisco J.	SE15-41 CARTEL	170
Muñoz Máximo Ignacio*	SE24-8	202	Ocampo Torres Francisco Javier*	OCC-4	74
Murcia Hugo*	SE24-12	203	Ocampo Torres Francisco Javier	SE15-24	167
Nava Pichardo F. Alejandro	GEOD-2	41	Ocañas Fernández Ezequiel*	SE02-17	127
Navarro Estrada Fernando	SE21-16	193	Ochoa José	SE15-9	164
Navarro Estrada Fernando	SE21-20 CARTEL	194	Ochoa José Luis	SE15-18	166
Navarro-González Rafael	SE19-18 CARTEL	183	Ochoa Landín Lucas	SE05-1	136
Navarro León Rodrigo*	RN-14	97	Ochoa-Landín Lucas	SE05-2	136
Navarro Pérez Ricardo Acolhua*	OCC-10	75	Ochoa-Landín Lucas	SE05-3	136
Navarro Rodríguez Andrés	SE22-8	197	Ochoa Landín Lucas*	SE05-5	137
Navarro Rodríguez Andrés*	SE22-11 CARTEL	197	Ochoa Martínez Carolina Andrea*	CCA-76 CARTEL	25
Navas-Parejo Pilar*	PALEO-1	89	Ochoa-Moya Carlos	CCA-3	11
Navas-Parejo Pilar	PALEO-4	89	Ochoa Moya Carlos	CCA-15	13
Nazario Sandoval Itzel	EG-18	30	Ochoa Moya Carlos Abraham*	SE12-3	156
Nedumpallile-Vasu Nikhil	VUL-17	116	Octavio Monzón Cesar	CCA-42	18
Negrete Aranda Raquel	EG-12	29	Ojeda González Arian	RN-13	97
Negrete Aranda Raquel	SE08-4	144	Ojeda-Ramírez Mario Miguel	CCA-49	20
Negrete Cadena Rocio*	EG-26 CARTEL	32	Olascoaga María Josefina*	SE15-25	167
Negrete Harper Emma*	CCA-11	12	Oleaga Alejandro	EG-7	28
Negrete Raquel	GET-12	55	Olivares-Casillas Gustavo*	SE18-3	178
Negrón Mendoza Alicia	CS-16 CARTEL	9	Olivos Villanueva Jazmín*	EG-19	31
Negrón Mendoza Alicia	CS-17 CARTEL	9	Olmedo Velázquez Paola Anahí*	SE08-12 CARTEL	146
Negrón Mendoza Alicia	CS-19 CARTEL	10	Olmos Moya María de Jesús Paulina	GET-13 CARTEL	55
Negrón Mendoza Alicia	SE19-4	180	Olmos Moya María de Jesús Paulina	VUL-27 CARTEL	118
Negrón-Mendoza Alicia	SE19-5	180	Olvera Fuentes Norma Elizabeth*	CCA-52	20
Negrón Mendoza Alicia	SE19-6	181	Olvera Fuentes Norma Elizabeth*	SE03-4	129
Negrón Mendoza Alicia	SE19-7	181	Olvera Martínez José Antonio	EG-19	31
Negrón-Mendoza Alicia*	SE19-15 CARTEL	183	Olvera Prado Erick	SE15-43 CARTEL	171
Negrón-Mendoza Alicia	SE19-16 CARTEL	183	Olvera Prado Erick R.*	OCE-18	80
Negrón Mendoza Alicia	SE19-19 CARTEL	184	Ordaz Mario	SIS-32 CARTEL	108
Negrón Mendoza Alicia	SE19-20 CARTEL	184	Ordaz Murillo Osbaldo	GET-14 CARTEL	55
Negrón Mendoza Alicia	SE19-21 CARTEL	184	Ordaz Murillo Osbaldo	SE08-8	145
Neri Hernández Omar*	GEOH-29 CARTEL	49	Oropeza Alfaro Pavel	CCA-22	15
Neri Omar	VUL-31 CARTEL	119	Orozco Esquivel Teresa*	SE20-8	187
Neumann Florian	GET-12	55	Orozco Esquivel Teresa	SE20-9	187
Neumann Florian	SE08-2	144	Orozco Uribe Landy Carolina*	GEOH-12	45
Neumann Florian	SE08-4	144	Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel	SE21-18 CARTEL	193
Newton Bosch Bertha Jania	FE-19	39	Orrala Legorreta Isaác David*	FE-2	37
Newton Bosch Bertha Jania*	FE-23	40	Orrala Legorreta Isaác David	FE-4	37
Nieto Butrón Jacob Jesús*	GGA-8 CARTEL	59	Ortega-Cervantes Carolina	SE25-9 CARTEL	209
Nieto Fuentes Ricardo	GET-2	53	Ortega Flores Berlaíne*	SE09-4	148
Nieto Oropeza Mario Oscar	SE04-8	134	Ortega-Flores Berlaíne	SE09-6	148
Nieto-Samaniego Ángel Francisco*	GET-2	53	Ortega Guerrero Beatriz	CS-7	7
Nieto-Samaniego Ángel Francisco	GET-10	55	Ortega Guerrero Beatriz*	CS-8	7
Nieto-Samaniego Ángel Francisco	SE03-1	129	Ortega Guerrero Beatriz	CCA-3	11
Nieto Torres Amiel	VUL-3	112	Ortega Guerrero Beatriz	CCA-15	13
Nieves Monarrez Gustavo Alejandro*	CCA-18	14	Ortega-Guerrero Marcos Adrián	GEOH-12	45
Noreña Jaubert Lakshmi Priya*	CCA-7	12	Ortega-Larrocea María del Pilar	SE17-10	176
Nourse Jonathan*	SE20-2	185	Ortega Larrocea María del Pilar*	SE24-9	202
Noury Mélanie	GET-10	55	Ortega Roberto	GEOH-32 CARTEL	49
Noury Mélanie	SE05-4	137	Ortega Roberto	SIS-17	105
Noury Mélanie*	SE05-9	138	Ortega Roberto*	SE12-8	157
Novelo Casanova David Alberto*	RN-15	97	Ortega Ruiz Roberto*	SIS-42 CARTEL	110
Novelo Casanova David Alberto	RN-16	97	Ortínez-Álvarez Abraham	CCA-31	16
Núñez Meneses Andrés David	SE01-7	121	Ortiz Agustín*	AR-7	2
Núñez Alejandra*	SE22-2	195	Ortiz Ávila Alfonso*	SIS-21	106
Núñez Cornú Francisco Javier	EG-35 CARTEL	34	Ortiz Ávila Alfonso	SIS-22	106
Núñez Cornú Francisco Javier	RN-10	96	Ortiz Bañuelos Alma Delia*	CCA-19	14
Núñez Cornú Francisco Javier*	SIS-4	102	Ortiz Butrón Agustín	AR-1	1
Núñez-Cornú Francisco Javier	SIS-5	103	Ortiz Butrón Agustín	AR-2	1
Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-6	103	Ortiz Butrón Agustín	AR-14	4
Núñez Diana	MSG-11	70	Ortiz Osio Manuel	EG-1	27
Núñez Diana	SIS-4	102	Ortiz Osio Manuel*	SE12-11	158
Núñez Diana	SIS-5	103	Ortiz Osio Manuel	SE24-6	201
Núñez Diana*	SIS-6	103	Ortiz Soriano Agustina	GET-14 CARTEL	55

Ortiz Soriano Agustina	SE08-8	145	Pérez Angelica B.*	CCA-13	13
Ortiz Villalva Jimena*	CCA-35	17	Pérez-Brunius Paula	OCC-3	74
Ortiz Villalva Jimena	CCA-57 CARTEL	21	Pérez Brunius Paula	SE15-7	164
Osorio-Ocampo Susana	SE24-12	203	Pérez Brunius Paula	SE15-8	164
Osorio Tai María Elena	CCA-59 CARTEL	22	Pérez Brunius Paula*	SE15-14	165
Osorio Tai María Elena	CCA-60 CARTEL	22	Pérez Brunius Paula	SE15-15	165
Osorio Tai María Elena	CCA-78 CARTEL	25	Pérez Brunius Paula*	SE15-20	166
Osorio Tai María Elena*	OCE-47 CARTEL	87	Pérez Brunius Paula	SE15-36 CARTEL	169
Osuna Pedro	OCC-4	74	Pérez Brunius Paula	SE15-37 CARTEL	169
Osuna Pedro*	OCC-6	74	Pérez-Brunius Paula	SE15-42 CARTEL	170
Osuna Pedro	OCE-30	83	Pérez-Campos Xyoli	SIS-15	105
Osuna Pedro*	SE15-21	166	Pérez-Campos Xyoli	SIS-24	106
Osuna Pedro	SE15-22	166	Pérez-Campos Xyoli	SIS-32 CARTEL	108
Osuna Pedro	SE15-23	167	Pérez-Campos Xyoli	SIS-49 CARTEL	111
Osuna Pedro	SE15-24	167	Pérez-Campos Xyoli	SE21-20 CARTEL	194
Ovando-Vázquez Cesaré	SE12-6	157	Pérez Corona Yuritzy*	SE15-34	169
Pablo-Sotelo Abraham de Jesús	SE21-4	190	Pérez Cruz Ligia	SE18-6	179
Pacor Francesca	SIS-26	107	Pérez Cruz Ligia	SE18-7	179
Pacor Francesca	SIS-27	107	Pérez Cruz Mariana	GGA-4	58
Padilla Alue María Guadalupe	AR-15	4	Pérez Daniel	GET-1	53
Padilla Castañeda Miguel Angel	SE11-1	154	Pérez Dolores Alejandro	CCA-19	14
Padilla-Velazco Jorge	GEOD-1	41	Pérez Enrique	SE21-15	193
Padilla Velazco Jorge*	GEOD-7 CARTEL	42	Pérez-Flores Marco A.	MSG-4	69
Page Morgan*	SIS-34 CARTEL	109	Pérez Flores Marco Antonio	GET-5	54
Palacios Emilio*	SE15-4	163	Pérez Flores Marco Antonio	SE13-3	159
Palacios García Norma Betania*	SE09-2	147	Pérez González Orlando	OCE-6	78
Palacios Hernández Emilio	SE04-8	134	Pérez Guevara Angela Yovana*	SE23-5	199
Palacios Ibarra Alejandro de David	CCA-26	15	Pérez Guevara Angela Yovana	SE23-6	199
Paladio Hernández Alejandro*	SE14-4	161	Pérez-León José Enrique	FE-12	38
Palafox Luna Cristal	SE05-5	137	Pérez León Miguel Angel	MSG-18	71
Palano Mimmo	SE13-7	160	Pérez Luján Rodrigo	EG-17	30
Pallares Carlos	SE20-6	186	Pérez Martínez Isabel	GEOH-8	44
Pallás Sanz Enric*	OCE-13	79	Pérez Orozco Juan Daniel*	GEOQP-9	66
Pallás Sanz Enric	OCE-15	80	Pérez Quezadas Juan	GEOH-8	44
Pallás Sanz Enric	OCE-20	81	Pérez Quezadas Juan	GEOH-24	47
Pallás Sanz Enric	OCE-21	81	Pérez Sampablo Laura Marcela*	OCE-30	83
Pallás Sanz Enric	OCE-32	83	Pérez Santana Jesús Antonio	SE21-16	193
Pallás Sanz Enric	OCE-35	84	Pérez Santana Jesús Antonio	SE21-20 CARTEL	194
Pallás Sanz Enric	OCE-36	84	Pérez Tijerina Eduardo	FE-14	39
Pallás Sanz Enric	OCE-41	86	Pérez-Venzor José Antonio*	SE20-12	188
Pallás-Sanz Enric	SE15-9	164	Pérez Zárate Daniel	MSG-9	70
Pallás Sanz Enric	SE15-16	165	Pérez Zárate Daniel	SE08-11 CARTEL	146
Pallás Sanz Enric	SE15-17	165	Persaud Patricia	SE13-7	160
Paniagua Vargas Atzintli*	CS-9	8	Perton Mathieu	SIS-21	106
Pantoja Diego Armando*	SE15-6	163	Perton Mathieu*	SIS-22	106
Pantoja González Diego A.	SE03-13 CARTEL	131	Perton Mathieu	SIS-23	106
Pantoja González Diego A.	SE04-1	133	Perton Mathieu	SIS-7	103
Pantoja González Diego A.	SE04-2	133	Peters Recagno Edward M.	SE15-14	165
Pantoja González Diego A.	SE04-11 CARTEL	135	Pi Puig Teresa	AR-13	3
Pantoja González Diego Armando	SE04-10 CARTEL	134	Pi Puig Teresa	AR-19 CARTEL	4
Papiol Vanesa	OCE-45 CARTEL	86	Pi Puig Teresa	SE02-8	126
Pappaterra Sabrina	VUL-10	114	Picanzo Giorgio A.	FE-14	39
Pardo Higareda Atziri*	GEOH-34 CARTEL	50	Pichardo Barrón Yolanda	SE02-12	126
Paredes Arriaga Alejandro*	SE19-7	181	Pichardo Jaqueline	CCA-11	12
Paredes Miranda Guadalupe	CCA-33	17	Pilatowsky-Gruner Raiza	SE03-1	129
Parés Sierra Alejandro Francisco	OCE-6	78	Pineda Cabrera Ivanna	EG-38 CARTEL	35
Parés Sierra Alejandro Francisco	OCE-8	78	Pineda León Roberto*	CCA-16	14
Parolari Mattia*	SE09-3	147	Pineda Martínez Luis F.	CCA-2	11
Parolari Mattia	SE09-10	149	Pineda Martínez Luis F.*	CCA-39	18
Parolari Mattia	SE09-13 CARTEL	150	Pineda Martínez Luis F.	CCA-46	19
Parolari Mattia	SE09-14 CARTEL	150	Pineda Martínez Luis F.	GET-3	53
Parolari Mattia	SE09-15 CARTEL	150	Pineda Martínez Luis F.	GET-4	53
Parra Guevara David*	CCA-23	15	Pineda Martínez Luis F.	RN-2	94
Parra-Guevara David	MSG-10	70	Pintado Patiño José Carlos	OCC-10	75
Pavia Rubén	CCA-31	16	Pintado Patiño José Carlos	OCC-12	75
Paz Horacio	GEOH-12	45	Pintado Patiño José Carlos	OCE-45 CARTEL	86
Paz Moreno Francisco	SE05-5	137	Pita de la Paz Carlos	EG-14	30
Pedraza Villa Roberto A.	SE02-9	126	Pita de la Paz Carlos	SE13-1	159
Pedraza Villa Roberto Abraham*	SE02-2	124	Pizza Marco	SE01-8	121
Pedraza-Villa Roberto Abraham	SE02-5	125	Plata Hernández Elvia	SE02-11	126
Peiffer Loic	VUL-10	114	Pola Antonio*	SE25-1	207
Peiffer Loic	SE08-5	144	Pola Antonio	SE25-2	207
Pelegri Josep Lluís	SE15-9	164	Pola Simuta Cosme	CCA-62 CARTEL	22
Peña Alonso Tómas Alejandro	GEOQP-3	64	Pola Villaseñor Antonio	SE25-3	207
Peña Emmanuel	SE03-11 CARTEL	131	Pola Villaseñor Antonio	SE25-5	208
Peña García Laura Elizabeth	GGA-6 CARTEL	59	Pola Villaseñor Antonio	SE25-7	208
Peña Gaspar Valeria	EG-1	27	Ponce Francisco	GET-1	53
Peña Gaspar Valeria	SE12-11	158	Poom-Medina José Luis*	SE04-7	134
Peña Gaspar Valeria	SE24-6	201	Poujol Marc	SE05-4	137
Peña Guerrero Mariana*	SE02-21 CARTEL	128	Poujol Marc	SE05-9	138
Peña Peña Leticia*	CCA-42	18	Prado Pano Blanca L.	SE03-10	131
Perales Valdivia Héctor	OCE-42	86	Prieto Cristina	CCA-31	16
Peralta Oscar	CCA-31	16	Prieto Cristina	CCA-32	16
Peralta Oscar*	CCA-32	16	Pro Océano	SE16-11	173
Pereyra Castro Karla*	CCA-20	14	Prol Ledesma Rosa María	MSG-9	70

Prol Ledesma Rosa María	SE08-11 CARTEL	146	Ramos Esteban Ernesto*	CCA-50	20
Prol Ledesma Rosa María	SE08-12 CARTEL	146	Ramos Julián Andrés	EG-7	28
Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental	SE14-3	161	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-2	43
Puy Alquiza María de Jesús	VUL-28 CARTEL	118	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-7	44
Puy Alquiza María de Jesús	SE08-7	145	Ramos-Leal José Alfredo*	GEOH-10	44
Queché Juan Matheo	VUL-16	115	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-14	45
Queché Mejía Juan Matheo	RN-9	96	Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-15	45
Quentin Gentil Mathieu	SE16-1	172	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-17	46
Quinn-Cervantes Luis Daniel	SE15-21	166	Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-18	46
Quinn-Cervantes Luis Daniel	SE15-22	166	Ramos Leal José Alfredo	RN-11	96
Quinn Cervantes Luis Daniel*	SE15-44 CARTEL	171	Ramos Musalem Karina	CCA-35	17
Quintana-Barranco Ricardo*	OCE-26	82	Ramos Musalem Karina	CCA-57 CARTEL	21
Quintana Delgado Juan Andrés	SE09-1	147	Ramos-Musalem Karina	OCC-3	74
Quintanar Arturo	CCA-3	11	Ramos Musalem Karina	OCE-9	78
Quintanar Arturo I.	SE12-3	156	Ramos Pérez Omar	CCA-33	17
Quintanar Castillo Angélica	PALEO-10	91	Ramos Sergio	SE19-7	181
Quintanar Isaías Arturo	CCA-15	13	Ramos-Vázquez Mayla A.	GEOQP-6	65
Quintanar Isaías Ignacio Arturo	CCA-8	12	Ramos Vázquez Mayla Alheli*	GEOQP-5	65
Quintanar R. Luis	SE21-20 CARTEL	194	Rangel Granados Elizabeth	GET-13 CARTEL	55
Quintanar Robles Luis*	SIS-25	107	Rangel Granados Elizabeth	VUL-27 CARTEL	118
Quintero Mata Jesús René	OCE-35	84	Rasclé Nicolás	OCE-30	83
Quintero Mata Jesús René*	OCE-36	84	Rasclé Nicolás	SE15-24	167
Quinteros-Cartaya Claudia B. M.	SIS-5	103	Rathnayaka Sampath	SIS-41 CARTEL	110
Quiroz-Barragán Jesús	PALEO-3	89	Real Jorge	GET-1	53
Quiróz-Suarez Diego	AR-3	1	Real Pérez Jorge	SIS-8	103
R. de Freitas Saulo	CCA-81 CARTEL	26	Regalado Diana*	EG-31 CARTEL	33
Rafkin Scot	SE19-8	181	Reinoza Carlos E.	GEOD-2	41
Rafter Patrick A.	OCE-34	84	Reinoza Gómez Carlos E.	SE22-4	195
Raga Graciela	CCA-61 CARTEL	22	Reinoza Gómez Carlos Eduardo	SE22-5	196
Raga Graciela B.	CCA-13	13	Reinoza Gomez Carlos Eduardo	SE22-7	196
Ramírez Barrón Carlos*	AR-4	1	Reinoza Gómez Carlos Eduardo*	SE22-8	197
Ramírez Barrón Carlos	EG-2	27	Reinoza Gómez Carlos Eduardo	SE22-11 CARTEL	197
Ramírez Bermudez Luis Alberto	CS-14 CARTEL	9	Reitner Joachim	PALEO-17 CARTEL	93
Ramírez Bermudez Luis Alberto	CS-15 CARTEL	9	Remos Bernal Sergio	CS-16 CARTEL	9
Ramírez Cristo	SIS-41 CARTEL	110	Renault Lionel	OCE-19	81
Ramírez Domínguez Adrian*	OCE-4	77	Rendón Guzmán Irlanda Jaqueline	SE04-3	133
Ramírez Esquivel Rubén	GEOD-5 CARTEL	41	Rendón Guzmán Irlanda Jaqueline	SE04-12 CARTEL	135
Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-1	64	Rendón López Martha Beatriz	SE04-3	133
Ramírez Fernández Juan Alonso	PALEO-4	89	Rendón López Martha Beatriz*	SE04-12 CARTEL	135
Ramírez Fernández Juan Alonso	SE02-11	126	Rendón-Valdez Camilo	OCC-13	76
Ramírez Fernández Juan Alonso	SE02-12	126	Rendón Vázquez José Daniel	SE09-1	147
Ramírez González Lucía Magali	SE08-7	145	Renero Marte	SE21-15	193
Ramírez Guzmán Alejandro Hermelindo	GEOH-11	45	Retiz García Mario	AR-4	1
Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-7	103	Rétiz Mario	EG-2	27
Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-23	106	Reveles Flores Sayde María Teresa	GET-3	53
Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-39 CARTEL	110	Reveles Flores Sayde María Teresa	GET-4	53
Ramírez Guzmán Leonardo	SIS-45 CARTEL	111	Reveles-Flores Sayde María Teresa	RN-2	94
Ramírez Hernández Jorge*	GEOH-5	44	Reyes Alcántara Juan Alberto*	SE19-19 CARTEL	184
Ramírez Hernández Sandra Jasiel	EG-18	30	Reyes-Alfaro Gabriel*	SE01-2	120
Ramírez-López Fabián	SE21-4	190	Reyes Hernández Cristóbal	OCE-11	79
Ramírez-López Fabian	SE21-17 CARTEL	193	Reyes Hernández Mariana*	CCA-8	12
Ramírez Luna Angel*	AR-14	4	Reyes Isaí Gerardo	GGA-14 CARTEL	60
Ramírez Luna Angel*	AR-16	4	Reyes Jiménez Tania*	OCE-25	82
Ramírez-Pelcastre Mariana*	PALEO-17 CARTEL	93	Reyes Lara Luis Alberto*	SE19-9 CARTEL	181
Ramírez-Peña César F.	SE02-22 CARTEL	128	Reyes Lara Luis Alberto	SE19-10 CARTEL	182
Ramírez Peña César Francisco	SE02-1	124	Reyes-Lezama Marisol	AR-19 CARTEL	4
Ramírez Peña César Francisco	SE02-2	124	Reyes-López Jaime	GEOH-5	44
Ramírez Peña César Francisco	SE02-3	124	Reyes-Martínez Carlos S.	EG-13	29
Ramírez Peña César Francisco	SE02-4	124	Reyes-Martínez Carlos S.	SE22-6	196
Ramírez-Peña César Francisco	SE02-5	125	Reyes Martínez Carlos Simon	EG-15	30
Ramírez Peña César Francisco*	SE02-6	125	Reyes-Martínez Carlos Simon	EG-30 CARTEL	33
Ramírez Peña César Francisco	SE02-8	126	Reyes Martínez Carlos Simon*	EG-34 CARTEL	34
Ramírez-Peña César Francisco	SE02-9	126	Reyes Martínez Carlos Simon	GGA-11 CARTEL	60
Ramírez Peña César Francisco	SE02-17	127	Reyes Mendoza Oscar F.	SE04-8	134
Ramírez Ramos Erik Esteban	SE22-10 CARTEL	197	Reyes-Orozco Violeta	SE06-3	139
Ramírez Serrato Nelly L.	RN-1	94	Reyes Pimentel Thalía Alfonsina*	RN-17	98
Ramírez Serrato Nelly L.	RN-20 CARTEL	98	Reyes Pimentel Thalía Alfonsina*	SE10-9	153
Ramírez Serrato Nelly Lucero	GGA-8 CARTEL	59	Reyes Rodríguez Sergio Manuel*	GEOH-11	45
Ramírez Serrato Nelly Lucero*	RN-21 CARTEL	98	Reyes Truejeque Javier	AR-12	3
Ramírez Torres Betsabé Elisa	RN-8	96	Reyes Trujeque Javier	AR-11	3
Ramírez Vázquez Luisa*	SE19-4	180	Reyes Trujillo Guadalupe*	CCA-40	18
Ramírez-Vázquez Luisa	SE19-15 CARTEL	183	Reyes Violeta	SE06-2	139
Ramírez Vega Karla Guadalupe*	SIS-19	105	Reyna Flores Erik Alexis*	SE02-15	127
Ramón Avellán Denis	GEOPAL-4	61	Reynoso Liliana	SE11-2	154
Ramon Morales Elvia	SE22-7	196	Ricker Martin	CCA-48	20
Ramón Morales Elvia	SE22-8	197	Ripa Pedro	SE15-4	163
Ramón Morales Elvia	SE22-11 CARTEL	197	Rivas-Marquez Juan Adolfo*	SE14-6 CARTEL	162
Ramos Arias Mario Alfredo	SE09-15 CARTEL	150	Rivera Ana L.	SE19-7	181
Ramos Arroyo Yann René	GEOH-20	47	Rivera-Calderón Elizabeth*	EG-20	31
Ramos Avila Valente*	SIS-23	106	Rivera-Calderón Elizabeth	VUL-13	115
Ramos Bernal Sergio	CS-17 CARTEL	9	Rivera-Calderón Elizabeth	VUL-29 CARTEL	118
Ramos Bernal Sergio	CS-19 CARTEL	10	Rivera Calderón Elizabeth	SE25-1	207
Ramos-Bernal Sergio	SE19-5	180	Rivera-Calderón Elizabeth*	SE25-3	207
Ramos-Bernal Sergio	SE19-15 CARTEL	183	Rivera Luis	SIS-32 CARTEL	108
Ramos Bernal Sergio	SE19-19 CARTEL	184	Rivera Martínez Saulo L.	CCA-17	14

Rivera-Martínez Saulo L.	CCA-58 CARTEL	22	Romero Martínez Jesús Antonio	EG-11	29
Rivera Uria Maria Yazmin*	CS-6	7	Romero Rosario	SE15-3	163
Rivera Uria Yazmin	CS-13 CARTEL	8	Romero Telma Gloria	CCA-32	16
Rivero-Ordaz Laura	SE15-18	166	Romero Velázquez María Gabriela	SIS-7	103
Rivero Weber Lilia T.	AR-21 CARTEL	5	Romero Velázquez María Gabriela	SIS-45 CARTEL	111
Riveros Rosas David	CCA-75 CARTEL	25	Romero de la Cruz Oscar Mario	SE02-4	124
Roberge Julie*	SE17-1	175	Romero de la Cruz Oscar Mario	SE02-9	126
Robledo Vargas David Ahenbec	SIS-8	103	Romero de la Cruz Oscar Mario	SE02-13	127
Robles-Camacho Jasinto	AR-8	2	Romero de la Cruz Oscar Mario	SE02-17	127
Robles García Nelly M.	AR-21 CARTEL	5	Romero de la Cruz Oscar Mario	SE02-18	127
Robles Morúa Agustín	CCA-18	14	Romero de la Cruz Oscar Mario	SE02-19	128
Robles Morua Agustín	CCA-70 CARTEL	24	Romo Jones José Manuel	EG-8	28
Robles-Morúa Agustín	GEOH-31 CARTEL	49	Romo Jones José Manuel	EG-41 CARTEL	35
Robles Morua Agustín	SE14-6 CARTEL	162	Ronquillo Mendez Argelia	SE16-2	172
Robles Roldán Miguel Ángel*	OCE-23	81	Rosado-Fuentes Alejandro*	SE21-8	191
Rocha Rocha Macario	EG-21	31	Rosas-Cipriano Arely*	CS-10	8
Rochin García Hermes	SE02-21 CARTEL	128	Rosas-Cipriano Arely	CS-11	8
Rodrigues Da Silva Souza Leandro	CCA-81 CARTEL	26	Rosas Echeverría Hannia Fernanda*	EG-44 CARTEL	36
Rodrigues Luiz Flávio	CCA-81 CARTEL	26	Rosas Elguera José	GGA-6 CARTEL	59
Rodríguez Augusto	SE08-11 CARTEL	146	Rosas Espejel Diana Laura*	EG-18	30
Rodríguez-Burgueño Eliana	GEOH-5	44	Rosas-García Hugo*	PALEO-3	89
Rodríguez-Burguette Julian*	OCC-13	76	Rosas Gómez Donovan*	SE19-11 CARTEL	182
Rodríguez Díaz Augusto Antonio	GEOQP-4	65	Rosas-Palacios Alan	CCA-68 CARTEL	23
Rodríguez Díaz Augusto Antonio	SE05-6	137	Rosenfeld Joshua	SE03-2	129
Rodríguez García Karina Eloisa*	VUL-20 CARTEL	116	Rösler Boris*	SIS-29	108
Rodríguez Gómez Carlos Francisco	OCE-45 CARTEL	86	Rosquete Estevez Aleida*	CCA-73 CARTEL	24
Rodríguez Gómez José Olegario*	SE02-7	125	Rosquete Estevez Aleida	CCA-74 CARTEL	24
Rodríguez Gómez José Olegario	SE02-9	126	Ross Catherine	SE07-6	142
Rodríguez-González Baudelio	CCA-39	18	Ross Zachary	SIS-34 CARTEL	109
Rodríguez González Baudelio	GET-3	53	Rouwet Dmitri	VUL-10	114
Rodríguez González Baudelio	GET-4	53	Rowe Charlotte	SIS-6	103
Rodríguez-González Baudelio	RN-2	94	Roy Priyadarsi D.*	SE18-4	178
Rodríguez González Miguel	SIS-46 CARTEL	111	Roy Priyadarsi D.	SE18-5	179
Rodríguez Liñán Gustavo	VUL-15	115	Rubalcava-Knoth Marco	PALEO-7	90
Rodríguez Liñán Gustavo M.*	RN-22 CARTEL	99	Rubalcava Knoth Marco Antonio*	PALEO-14	92
Rodríguez Mario	SE21-15	193	Rubalcava-Knoth Marco Antonio	SE24-14	203
Rodríguez Martínez Francisco Javier*	SE15-45 CARTEL	171	Rubio Acosta Ernesto	MSG-20 CARTEL	72
Rodríguez-Martínez Mario	FE-7	38	Rubio Ana Beatriz*	GEOH-7	44
Rodríguez Martínez Mario	FE-14	39	Rubio Hernández Ana Cristina*	SIS-43 CARTEL	110
Rodríguez-Martínez Mario	FE-21	39	Rufino Contreras Iván Ariel*	GGA-12 CARTEL	60
Rodríguez Melgarejo Susana Abigail*	OCE-8	78	Rufino Contreras Iván Ariel	SE11-1	154
Rodríguez Miguel	EG-16	30	Ruiz Aguilar Diego*	EG-8	28
Rodríguez Osnaya Eduardo	SE17-10	176	Ruiz Aguilar Diego*	EG-10	29
Rodríguez Osnaya Eduardo*	SE17-15 CARTEL	177	Ruiz Aguilar Diego	VUL-28 CARTEL	118
Rodríguez Outerelo Javier*	SE15-37 CARTEL	169	Ruiz Aguilar Diego	SE08-7	145
Rodríguez Padilla Isaac	SE15-33	169	Ruiz Aguilar Diego*	SE09-9	149
Rodríguez Pérez Quetzalcóatl	EG-37 CARTEL	34	Ruiz Angulo Angel	OCE-13	79
Rodríguez-Reyes Oris	PALEO-12	91	Ruiz Angulo Angel	OCE-15	80
Rodríguez Sosa Luis Fernando*	EG-22	31	Ruiz-Angulo Ángel*	OCE-21	81
Rodríguez Tapia Silvia Alicia	GEOH-2	43	Ruiz Arriaga Daniel*	SE07-3	141
Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-5	62	Ruiz-Arriaga Daniel	SE07-5	142
Rodríguez Trejo Alejandro*	GEOPAL-9	62	Ruiz Arriaga Daniel	SE09-3	147
Rodríguez-Trejo Alejandro	GEOPAL-11	63	Ruiz Ayala Mara Lizeth	SE04-3	133
Rodríguez Trejo Alejandro	SE21-3	190	Ruiz Ayala Mara Lizeth	SE04-12 CARTEL	135
Rodríguez Trejo Alejandro*	SE21-5	191	Ruiz Baron Daniel	EG-14	30
Rodríguez Trejo Alejandro	SE21-14	193	Ruiz Basilio Ruth	AR-14	4
Rodríguez Trejo Alejandro	SE24-1	200	Ruiz Chavarría Gerardo	VUL-4	112
Rodríguez Uribe María Carolina	SE15-46 CARTEL	171	Ruiz-Naranjo Metzgeri*	PALEO-2	89
Rojas Bueno Denisse*	EG-43 CARTEL	36	Ruiz Salcines Pablo	OCC-7	75
Rojas Castillo Diana Ivett*	FE-20	39	Ruiz Santos Tania Ximena	GGA-8 CARTEL	59
Rojas Rodrigo*	EG-16	30	Ruiz-Sevilla Gerardo*	SE04-3	133
Rojas Rueda David	CCA-28	16	Ruiz Sevilla Gerardo	SE04-12 CARTEL	135
Rojas Sánchez Carlos	CCA-54	21	Ruiz-Suárez Gerardo	CCA-31	16
Rojas-Vivas José Alfredo	SE19-17 CARTEL	183	Ruiz Suárez Luis Gerardo	CCA-28	16
Rojas Vivas José Alfredo	SE19-18 CARTEL	183	Ruiz Vázquez Iván	SIS-8	103
Román-Gutiérrez Ricardo*	MSG-6	69	Ruiz Vázquez Iván	SE21-20 CARTEL	194
Romero Arteaga Angélica María*	SE15-17	165	Ruiz de Alegria Arzaburu Amaia*	OCC-14	76
Romero Arteaga Angélica María	SE16-1	172	Saavedra Johanna	OCE-13	79
Romero Centeno Rosario	CCA-16	14	Saavedra Johanna	SE15-33	169
Romero Centeno Rosario	CCA-22	15	Saavedra María Isabel	CCA-31	16
Romero Centeno Rosario	CCA-36	17	Saavedra Martínez Cristian Alejandro*	CCA-12	13
Romero Centeno Rosario	CCA-40	18	Sabina Federico*	SIS-30	108
Romero-Centeno Rosario	CCA-44	19	Sahay Pratap*	SIS-18	105
Romero Centeno Rosario	CCA-59 CARTEL	22	Salas Ariza Jessica Jazmin*	GEOH-6	44
Romero Centeno Rosario	CCA-60 CARTEL	22	Salas Ariza Jessica Jazmin*	SE13-2	159
Romero Centeno Rosario	CCA-78 CARTEL	25	Salas-Contreras Pedro	GEOH-5	44
Romero Centeno Rosario	OCE-13	79	Salas-Corrales José Luis	SE21-8	191
Romero Centeno Rosario	OCE-18	80	Salas Monreal David	OCE-25	82
Romero Centeno Rosario	OCE-23	81	Salazar Guerrero Paola Alondra*	SE22-10 CARTEL	197
Romero Custodio Gabriela	EG-38 CARTEL	35	Salazar-Hermenegildo Noemí	AR-8	2
Romero Espejel Héctor	SE24-26 CARTEL	206	Salazar Juan Pablo	OCC-1	74
Romero Francisco	CS-4	6	Salazar Ledesma Maricarmen	AR-14	4
Romero-Hernández Esmeralda	FE-7	38	Salazar Nieva Laura Beatriz	SE19-20 CARTEL	184
Romero Hernández Esmeralda*	FE-14	39	Salazar Nieva Laura Beatriz*	SE19-21 CARTEL	184
Romero Juan Angel Ivan	EG-18	30	Salazar Peña Leobardo	EG-42 CARTEL	35

Salazar Peña Leobardo*	SE24-26 CARTEL	206	Santoyo Miguel Ángel	SIS-32 CARTEL	108
Salazar-Tlacazani Luis	GEOD-2	41	Sarocchi Damiano	EG-22	31
Salazar Tlacazani Luis	RN-6	95	Sarocchi Damiano	VUL-17	116
Salcedo Dara	CCA-32	16	Sarychikhina Olga*	RN-18	98
Salcedo Dara	CCA-33	17	Sarychikhina Olga*	SIS-3	102
Salgado Hugo	CS-6	7	Saucedo Maldonado Maximiliano	GGA-12 CARTEL	60
Salinas Calleros Gabriel	GEOH-1	43	Saucedo Muñoz Miguel Ángel	GEOH-3	43
Salinas-Calleros Gabriel	GEOH-4	43	Savard Geneviève	SE06-2	139
Salinas Calleros Gabriel	GEOH-13	45	Savard Genevieve	SE06-4	139
Salinas Calleros Gabriel	GEOH-27 CARTEL	48	Savran William H.	SE01-9	121
Salinas Cid Pablo	SE24-26 CARTEL	206	Schaaf Peter	AR-14	4
Salinas Prieto José Antonio*	OCC-5	74	Schaaf Peter	GEOPAL-3	61
Salinas Samaniego Federico	FE-14	39	Schaaf Peter	GEOQP-4	65
Salles Paulo	SE14-4	161	Schaaf Peter	VUL-7	113
Sampeiro Guillermo	OCE-13	79	Schaaf Peter	SE20-12	188
Sampeiro-Ramos Guillermo	SE15-16	165	Schiavo Benedetto*	CCA-70 CARTEL	24
Samperio-Ramos Guillermo	OCE-32	83	Schorlemmer Danijel	SE01-9	121
Samperio-Ramos Guillermo A.	OCE-35	84	Schwennicke Tobias	SE02-11	126
Samperio Ramos Guillermo Alberto	OCE-36	84	Sebastián Reyes José Daniel*	GEOPAL-4	61
Sánchez Alonso Fernando*	SIS-12	104	Secaira Daniel	VUL-16	115
Sánchez Alonso Fernando	SE13-8 CARTEL	160	Sedov Sergey	CS-4	6
Sánchez Álvarez Pablo	CCA-26	15	Sedov Sergey	CS-5	7
Sánchez-Beristain Francisco*	PALEO-5	90	Sedov Sergey	CS-6	7
Sánchez-Beristain Francisco	PALEO-17 CARTEL	93	Segoviano-Antonio Eira	SE24-9	202
Sánchez-Beristain Francisco	SE24-4	201	Segura Chávez Pedro Alberto	CCA-22	15
Sánchez-Cabadas Daniel Lemuel	SE21-4	190	Seneca Falcon Omar*	SIS-8	103
Sánchez Citali	OCE-13	79	Sepúlveda Allende Andrés	OCE-11	79
Sánchez Citali	OCE-39	85	Sereno Villaseñor Hugo	SE25-1	207
Sánchez Galán Javier	SE18-1	178	Sereno Villaseñor Hugo Iván*	SE25-2	207
Sánchez-García Elsa*	FE-9	38	Sereno Villaseñor Hugo Iván	SE25-5	208
Sánchez Garibay Blanca Estrella*	SE17-3	175	Sereno Villaseñor Hugo Iván	SE25-7	208
Sánchez-González Jesús	AR-3	1	Sergeeva Maria	FE-2	37
Sánchez-González Jesús	SE21-13	192	Sergeeva Maria	FE-15	39
Sánchez Gutiérrez Andrea Viviana*	GEOQP-4	65	Sergeeva Maria	FE-17	39
Sánchez Higuero Lorena Elisa*	GEOH-14	45	Sergeeva Maria*	FE-24	40
Sánchez Higuero Lorena Elisa	GEOH-17	46	Serrano Bojorquez Narda Hayram*	GGA-13 CARTEL	60
Sánchez-Higuero Lorena Elisa	GEOH-18	46	Serrano López Gabriel	SE09-10	149
Sánchez Itzel	SE24-9	202	Serrano López Gabriel*	SE09-15 CARTEL	150
Sánchez Juan Manuel	RN-7	95	Serrano Ortiz José	MSG-22 CARTEL	72
Sánchez Juan Manuel	VUL-2	112	Setera Jacob	SE07-7	142
Sánchez Martínez Alejandra Ixchel*	MSG-15	71	Sgobba Sara	SIS-26	107
Sánchez-Mejía Zulia	SE14-1	161	Sgobba Sara	SIS-27	107
Sánchez Meneses Oscar C.	CCA-51	20	Sheinbaum Julio	OCE-13	79
Sánchez Meneses Oscar C.	CCA-52	20	Sheinbaum Julio	OCE-16	80
Sánchez Meneses Oscar C.	SE18-1	178	Sheinbaum Julio	OCE-21	81
Sánchez-Núñez Juan Manuel*	RN-4	95	Sheinbaum Julio	OCE-25	82
Sánchez-Núñez Juan Manuel*	RN-19 CARTEL	98	Sheinbaum Julio	OCE-29	83
Sánchez Núñez Juan Manuel	SE17-2	175	Sheinbaum Julio	OCE-32	83
Sánchez-Pérez Enrique	SE15-18	166	Sheinbaum Julio*	SE15-9	164
Sánchez Quispe Sonia Tatiana	MSG-24 CARTEL	73	Sheinbaum Julio	SE15-10	164
Sánchez-Ramos Luis Enrique*	PALEO-16	92	Sheinbaum Julio	SE15-16	165
Sánchez-Robles Citali	OCE-40	85	Sheinbaum Julio	SE15-18	166
Sánchez Rodríguez Arlen	CCA-73 CARTEL	24	Sheinbaum Julio	SE15-19	166
Sánchez Ruiz Andrea*	GEOPAL-8	62	Sheinbaum Julio	SE15-40 CARTEL	170
Sánchez Sesma Francisco José	SIS-22	106	Sheinbaum Pardo Julio	OCE-17	80
Sánchez Sesma Jorge*	CCA-34	17	Sheinbaum Pardo Julio	SE12-7	157
Sánchez-Torres Laura	SE24-12	203	Sheinbaum Pardo Julio	SE15-11	164
Sánchez Velasco Laura	OCE-12	79	Sheinbaum Pardo Julio	SE15-15	165
Sánchez-Zavala José Luis	SE18-4	178	Sheinbaum Pardo Julio	SE15-37 CARTEL	169
Sandoval García Mariana	VUL-3	112	Sheinbaum Pardo Julio	SE15-38 CARTEL	170
Sandoval García Mariana*	VUL-26 CARTEL	117	Sheinbaum Pardo Julio*	SE26-1	210
Sandoval Hernández Erika*	SE15-5	163	Shimamoto Mark*	CCA-55	21
Sandoval Hernández Erika	SE15-46 CARTEL	171	Shukla Mayank*	GEOQP-6	65
Sandoval Hernández Erika*	SE15-47 CARTEL	171	Siebe Christina*	SE10-1	152
Sandoval Quintana Osiris	AR-4	1	Sieron Katrin	SE21-1	190
Sandoval Quintana Osiris	EG-2	27	Sierra Lorenzo Maibys	CCA-73 CARTEL	24
Sandoval Quintana Osiris	SE21-6	191	Sierra Lorenzo Maibys	CCA-74 CARTEL	24
Sandoval Quintana Osiris	SE21-9	192	Sierra Maibys	CCA-56 CARTEL	21
Sandoval Quintana Osiris	SE21-10	192	Silva Aguilera Raúl Alberto	GEOH-21	47
Sandoval Quintana Osiris	SE21-12	192	Silva León Isabel	AR-12	3
Sandoval Quintana Osiris	SE21-19 CARTEL	193	Silva León Isabel del Socorro*	AR-11	3
Santamaría del Angel Eduardo	OCE-41	86	Silva López Ana Laura	SE08-12 CARTEL	146
Santander Jonatan	OCE-13	79	Silva-Martínez Carlos Andrei*	SE21-4	190
Santiago-De La Rosa Naxieli	CCA-31	16	Silva Montaña Ana Paula Amcir*	GEOH-33 CARTEL	50
Santiago García Mauro W.	OCE-6	78	Silvan Cardenas José Luis*	SE21-11	192
Santiago García Mauro W.*	OCE-11	79	Singh Shri Krishna*	SIS-14	104
Santillana-Villa Cecilia*	SE05-2	136	Singh Shri Krishna*	SIS-32 CARTEL	108
Santos Artai A.*	PALEO-7	90	Skiba Iouri*	MSG-1	69
Santos Artai A.	PALEO-13	92	Skiba Yuri N.	CCA-23	15
Santos Cerquera Clemencia	RN-17	98	Smith Richard	SE11-5 CARTEL	155
Santos Hipolito Daniel*	AR-15	4	Soares Moreira Demerval	CCA-81 CARTEL	26
Santos Ortega Esmeralda	GGA-7 CARTEL	59	Solano Hernández Ericka Alinne	OCC-8	75
Santos Ramírez Marco Antonio	SE21-9	192	Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-12	104
Santos Ramírez Marco Antonio	SE21-10	192	Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-13	104
Santoyo Miguel Ángel	SIS-14	104	Solano Hernández Ericka Alinne	SE01-13 CARTEL	122

Solano Hernández Ericka Alinne*	SE03-12 CARTEL	131	Tago Pacheco Josué	SIS-10	104
Solano Hernández Ericka Alinne	SE13-8 CARTEL	160	Tamez Garza Keith	SE02-22 CARTEL	128
Solano Rojas Darío Emmanuel	GET-15 CARTEL	56	Tapia Santos Berenice	CCA-76 CARTEL	25
Solari Luigi	GEOQP-1	64	Tavares Gerardo	SE21-15	193
Solari Luigi	PALEO-1	89	Teja-Juárez Víctor Leonardo	MSG-10	70
Solari Luigi	SE09-4	148	Tejeda Martínez Adalberto	CCA-47	19
Solé Jesús	GET-10	55	Tejeda-Martínez Adalberto	CCA-49	20
Solé Viñas Jesús	GET-9	54	Tejero Andrade Andrés	EG-2	27
Solís Gabriela	GEOPAL-3	61	Tejero Andrade Andrés	EG-9	28
Solís Gabriela	VUL-7	113	Téllez De La Cruz Oscar Alexis*	EG-7	28
Solís Pichardo Gabriela	GEOQP-4	65	Tellez Flores Rene Alejandro	GET-18 CARTEL	56
Solís Sara	CS-10	8	Tenorio Fernández Leonardo	OCE-12	79
Solís Sara	CS-11	8	Tenreiro Costa Miguel	SE15-20	166
Solís Valdéz Sara	SE25-4	208	Tenreiro Miguel	OCE-13	79
Solleiro Rebolledo Elizabeth*	AR-6	2	Tenreiro Miguel	OCE-15	80
Solleiro Rebolledo Elizabeth*	CS-5	7	Tenreiro Miguel	OCE-20	81
Solleiro-Rebolledo Elizabeth	CS-13 CARTEL	8	Tenreiro Miguel	OCE-21	81
Solórzano Ramos Diego Ernesto*	GEOH-30 CARTEL	49	Tenreiro Miguel*	OCE-22	81
Soria Caballero Diana	SE01-4	120	Tenreiro Miguel	SE15-9	164
Soria Victor	SE21-15	193	Tenreiro Miguel	SE15-16	165
Sosa-Ceballos Giovanni	AR-8	2	Terán Guerrero Tair Dolores	GGA-12 CARTEL	60
Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-9	66	Terán Guerrero Tair Dolores*	SE11-1	154
Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-10	66	Tereshchenko Iryna	OCC-18 CARTEL	76
Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-11	66	Tereshchenko Iryna*	SE04-13 CARTEL	135
Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-12	67	Thelandersson Amelia*	OCE-9	78
Sosa-Ceballos Giovanni*	GEOQP-13	67	Tiempos Joselyn Meliza*	SIS-40 CARTEL	110
Sosa-Ceballos Giovanni	GEOQP-15	67	Tinoco-Guerrero Gerardo	MSG-6	69
Sosa-Ceballos Giovanni	SE20-11	188	Tinoco Martínez Sergio Rogelio	SE21-15	193
Sosa Echeverría Rodolfo	CCA-26	15	Tisseaux Alexandre	OCC-1	74
Sosa Islas Antonio Salvador	GEOH-29 CARTEL	49	Tomás Mosso Azarael	SE24-18 CARTEL	204
Sosa Jiménez Miguel A.	SIS-8	103	Tónix Palacios Erick	EG-19	31
Sosa Jiménez Miguel A.	SE03-5	130	Torralba Sánchez Rosalía	GGA-4	58
Sosa Jiménez Miguel A.	SE21-20 CARTEL	194	Torreblanca Carlos	GEOPAL-8	62
Sosa Tinoco Ian Mateo	CCA-18	14	Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	GEOD-7 CARTEL	42
Sosa-Tinoco Ian Mateo	SE14-6 CARTEL	162	Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe*	GEOQP-3	64
Sosa Zaragoza Perla	SE03-6	130	Torres Carrillo Xóchitl Guadalupe	SE20-15 CARTEL	189
Soto Alejandro	SE19-8	181	Torres-Freyermuth Alec	OCC-13	76
Soto Dereck	SE24-9	202	Torres-Gaytan David Ernesto	GEOH-10	44
Soto Ramírez Daniel*	SE11-4	155	Torres-Gómez Mariano	CS-10	8
Soto-Villalobos Roberto	SE02-16	127	Torres-Gómez Mariano	CS-11	8
Soto Villalobos Roberto*	SE02-19	128	Torres Héctor S.	OCE-1	77
Soto-Villalobos Roberto	GP-3	52	Torres Luis	SE11-2	154
Sotomayor Quijada Liczy	SE04-11 CARTEL	135	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-2	89
Sotomayor Sandoval Sebastian	EG-2	27	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-3	89
Soubestre Jean	SE06-3	139	Torres-Martínez Miguel Angel*	PALEO-6	90
Sourisseau Delphine	VUL-4	112	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-11	91
Souza Alejandro	OCE-50 CARTEL	88	Torres Mora Carlos Alberto	MSG-22 CARTEL	72
Spallarossa Daniele	SIS-26	107	Torres Muro Hugo	CCA-33	17
Spelz Ronald M.	EG-12	29	Torres Orozco Rafael	VUL-15	115
Spelz Ronald M.	SE08-4	144	Torres Orozco Rafael	SE17-9	176
Spica Zack J.	SIS-21	106	Torres Orozco Rafael*	SE21-1	190
Spica Zack J.	SIS-22	106	Torres Sánchez Darío*	GEOQP-15	67
Stockli Daniel	GET-20 CARTEL	57	Torres-Sánchez Sonia Alejandra	GEOQP-7	65
Stockli Daniel	SE07-3	141	Torres Victor M.*	CCA-21	15
Stockli Daniel	SE07-4	142	Torres Victor M.*	CCA-61 CARTEL	22
Stockli Daniel	SE07-5	142	Tovar Janette*	EG-3	27
Stockli Daniel*	SE07-6	142	Trasviña Castro Armando	SE08-5	144
Stockli Daniel	SE07-7	142	Trejo Gómez Elizabeth	RN-10	96
Stockli Daniel	SE07-8	143	Trincado-Ventura Joel	SE15-18	166
Stockli Daniel	SE09-3	147	Tringali Giorgio	SE01-8	121
Stockli Lisa	SE07-5	142	Trugman Daniel	SIS-34 CARTEL	109
Stockli Lisa	SE07-6	142	Trujillo-Acatitla Rubicel*	SE12-6	157
Stremme Wolfgang	CCA-66 CARTEL	23	Trujillo-Alcántara Alfredo	SE21-18 CARTEL	193
Stremme Wolfgang	CCA-67 CARTEL	23	Trujillo-Cordova Jorge A.	OCE-24	82
Stumpp Douglas	SE06-4	139	Trujillo Rojas Katia	CCA-78 CARTEL	25
Suárez Améndola Arturo*	SE12-7	157	Trujillo Rojas Katia Denis*	CCA-77 CARTEL	25
Suárez Améndola Arturo	SE15-41 CARTEL	170	Tunal-Sánchez Nestor	SE24-9	202
Suárez Gerardo	SIS-11	104	Turko Nataliya	GET-7	54
Suárez Gerardo	SE01-1	120	Turrent Cuauhtémoc*	SE15-32	168
Suárez Gerardo	SE01-6	121	Tuxpan Vargas José	EG-21	31
Suárez Gerardo	SE01-10	122	Tuxpan Vargas José	GEOH-2	43
Suárez Gerardo*	SE01-12	122	Tuxpan Vargas José*	SE10-2	152
Suárez Plascencia Carlos*	RN-10	96	Tuxpan Vargas José	SE12-2	156
Suárez Plascencia Carlos	SIS-4	102	Tuxpan Vargas José	SE12-5	156
Suárez Reynoso Gerardo	RN-15	97	Tuxpan-Vargas José	SE12-6	157
Suárez Reynoso Gerardo	RN-16	97	Ubach-Cozatl María Eugenia*	VUL-18	116
Suárez Reynoso Gerardo	SIS-16	105	Uc Castillo José Luis*	GEOH-2	43
Suazo Cruz Guillermo	GEOQP-18 CARTEL	68	Ulloa Marco	OCE-13	79
Sulpizio Roberto	VUL-15	115	Uriarte Gómez Nadia Edna	AR-1	1
Suriñach Cornet Emma	EG-25 CARTEL	32	Uribe Alicia	OCE-13	79
Suriñach Cornet Emma	EG-27 CARTEL	32	Uribe Juan*	SE02-22 CARTEL	128
Suriñach Cornet Emma	SIS-19	105	Uribe-Martínez Abigail*	OCE-24	82
Tagle Chávez Alberto Gómez	SE04-12 CARTEL	135	Uribe-Martínez Abigail*	OCE-27	82
Tago Josué	SIS-24	106	Uribe-Martínez Abigail	SE15-14	165
Tago Pacheco Josué*	MSG-17	71	Urrutia Fucugauchi Jaime	EG-40 CARTEL	35

Urrutia Fucugauchi Jaime	SE18-7	179	Velasco Zavala Jorge Eduardo	CCA-37	18
Urrutia-Fucugauchi Jaime	SE21-18 CARTEL	193	Velasco Zavala Jorge Eduardo	OCE-23	81
Uuh-Sonda Jorge	SE14-1	161	Velásquez-Aristizábal Jorge A.	OCE-35	84
Valderrama Membrillo Sergio	VUL-31 CARTEL	119	Velásquez-Aristizábal Jorge Armando*	OCE-32	83
Valdés Galicia José Francisco	FE-23	40	Velasquez Aristizabal Jorge Armando	OCE-36	84
Valdés Galicia José Francisco	FE-19	39	Velasquez Jorge	OCE-13	79
Valdés González Carlos Miguel*	SE01-11	122	Velásquez Jorge	OCE-39	85
Valdés González Carlos Miguel*	SE21-2	190	Velázquez Aguilar Mauricio	SE18-6	179
Valdés Manzanilla Arturo*	CCA-43	19	Velázquez Aguilar Mauricio Omar*	SE18-7	179
Valdés-Moreno Beatriz*	MSG-4	69	Velázquez-Bucio María Magdalena*	SE01-13 CARTEL	122
Valdez Barrera Lenin	SE25-8	209	Velázquez Eulogio María Fernanda	RN-5	95
Valencia Flores Luis Ángel	SE03-2	129	Velázquez-Galván Eber Gustavo*	OCE-10	79
Valencia Morales Yuly Tatiana	SE09-1	147	Velázquez-Muñoz Federico Ángel	OCE-10	79
Valencia Moreno Martín*	SE05-1	136	Velázquez Muñoz Federico Ángel	SE04-4	133
Valencia-Moreno Martín	SE05-2	136	Velázquez Villegas Fernando	SE19-3	180
Valencia-Moreno Martín	SE05-3	136	Velázquez Villegas Fernando	SE19-9 CARTEL	181
Valencia Moreno Martín	SE05-5	137	Velázquez Villegas Fernando	SE19-10 CARTEL	182
Valenzuela Palacios Ernesto Alonso	SE16-1	172	Velderrain Rojas Luis Alonso	GEOPAL-1	61
Valenzuela Wong Raúl	SIS-15	105	Vélez-Velchí Pedro	SE15-9	164
Valera Fernández Daisy*	CS-7	7	Venegas Ferrer Rafael	SE18-7	179
Valera Fernández Daisy	CS-8	7	Venegas Sandoval Andrea	CCA-63 CARTEL	23
Valera Fernández Daisy	CCA-70 CARTEL	24	Venegas de la Torre Joaquín	AR-1	1
Valle Rodríguez Santiago	GET-3	53	Vennemann Torsten	SE09-2	147
Valle Rodríguez Santiago	GET-4	53	Ventura Guido	SE13-7	160
Valle-Rodríguez Santiago	RN-2	94	Ventura Marroquin Julia Isabel*	EG-41 CARTEL	35
Van Der Elst Nicholas	SIS-34 CARTEL	109	Vera Norberto*	MSG-16	71
Van Der Elst Nicholas*	SIS-47 CARTEL	111	Vera Norberto*	SE23-3	198
Van Wyk de Vries Benjamin	SE17-10	176	Vera Romero Iván	GET-14 CARTEL	55
Varela-Mendez Ariana*	FE-7	38	Vera Romero Iván	SE08-8	145
Vargas Bracamontes Dulce María	VUL-21 CARTEL	117	Vera Zeller Marco Alejandro	SE24-25 CARTEL	206
Vargas Bracamontes Dulce María	VUL-30 CARTEL	119	Vera Zeller Marco Alejandro	SE24-27 CARTEL	206
Vargas Castro Daniel	SE11-1	154	Verde-Ramírez María de los Ángeles*	SE07-4	142
Vargas Jiménez Carlos Alberto	SE08-2	144	Verde-Ramírez María de los Ángeles	SE09-3	147
Vargas-Martínez Francisco Javier	CCA-68 CARTEL	23	Verdugo Ortega Homar	SE15-10	164
Vargas-Martínez Irma Gabriela	SE18-4	178	Verdugo Ortega Homar	SE15-11	164
Vargas Mauro	OCC-1	74	Verdugo Ortega Homar*	SE15-38 CARTEL	170
Varguez Ramírez Milagros	SE03-10	131	Verma Sanjeet K.	GEOQP-6	65
Varón-Ramírez Viviana Marcela	CS-10	8	Verma Sanjeet Kumar	GEOQP-5	65
Vásquez Serrano Alberto	GET-13 CARTEL	55	Vidal Antonio	SE22-2	195
Vásquez Serrano Alberto	VUL-27 CARTEL	118	Vidal García Gabriela	GGA-4	58
Vásquez-Vieyra Juan Manuel*	SE24-23 CARTEL	205	Vidal García Gabriela	RN-21 CARTEL	98
Vázquez Báez Víctor Manuel	SE12-4	156	Vidal García Martín Carlos	MSG-9	70
Vázquez-Becerra G. Esteban	GEOD-1	41	Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-1	61
Vázquez-Becerra G. Esteban	GEOD-4	41	Vidal Villegas José Antonio	SE22-5	196
Vázquez-Becerra G. Esteban	GEOD-7 CARTEL	42	Vidal Villegas José Antonio*	SE22-9 CARTEL	197
Vázquez Bucio Magdalena	SE01-4	120	Vidal Villegas José Antonio	SE22-10 CARTEL	197
Vázquez Caamal Miriam Lizzeth*	OCC-8	75	Villafuerte Bazaldua Sandra Monserrat*	SE18-5	179
Vázquez Cuervo Jorge	SE15-34	169	Villafuerte Carlos	SIS-24	106
Vázquez González Luis Ernesto	SE04-9 CARTEL	134	Villalba Natalia Isabel	SE17-10	176
Vázquez Hernández Nancy	EG-28 CARTEL	32	Villalba Natalia Isabel*	SE17-11	177
Vázquez Hernández Nancy*	SE08-10 CARTEL	145	Villalobos García Jessica	CCA-35	17
Vázquez-Lule Alma	CS-10	8	Villalobos García Jessica Roxana*	CCA-57 CARTEL	21
Vázquez-Lule Alma	CS-11	8	Villanueva-Amadoz Uxue	PALEO-7	90
Vázquez-Magaña Carlos René*	SE17-13 CARTEL	177	Villanueva-Amadoz Uxue	PALEO-13	92
Vázquez Martínez Carlos Manuel	SE03-10	131	Villanueva Hernández Pablo	FE-1	37
Vázquez Morales Rosario*	RN-5	95	Villanueva Hernández Pablo*	FE-3	37
Vázquez Morales Rosario	VUL-32 CARTEL	119	Villanueva Hernández Pablo	FE-6	37
Vázquez Morales Williams*	CCA-63 CARTEL	23	Villanueva Hernández Pablo	FE-17	39
Vázquez-Ontiveros J. René*	GEOD-1	41	Villanueva Hernández Pablo	FE-22	40
Vázquez-Ontiveros J. René*	GEOD-4	41	Villarnobo González Katia Michelle*	CS-14 CARTEL	9
Vázquez Rosas Ricardo	SIS-7	103	Villarnobo González Katia Michelle*	CS-15 CARTEL	9
Vázquez Rosas Ricardo	SIS-39 CARTEL	110	Villarnobo González Katia Michelle	RN-6	95
Vázquez Rosas Ricardo	SIS-45 CARTEL	111	Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo*	SE15-23	167
Vázquez Serrano Alberto	SE09-10	149	Villarreal Rodríguez Samuel*	SE11-2	154
Vázquez-Vallín Lorena	AR-3	1	Villarreal Samuel	RN-21 CARTEL	98
Vázquez Velázquez Valente	CS-14 CARTEL	9	Villegas Frida	SE24-9	202
Vázquez Velázquez Valente	CS-15 CARTEL	9	Villela Gaytán Sergio Armando	CS-10	8
Vázquez Zarate Elsy Lizbeth*	SE02-18	127	Villela Sergio	CS-11	8
Vega González Marina	SE25-4	208	Villicaña Adrián	OCE-13	79
Vega Rangel Elizabeth	CCA-26	15	Vita Fabio	VUL-9	114
Vega Ruiz Sandra D.	SE25-2	207	Vorosmarty Charles	SE11-5 CARTEL	155
Vega Sandra	MSG-12	71	Weber Bodo	GEOQP-2	64
Vega Sandra	SE12-12	158	Weber Bodo	GEOQP-3	64
Veklich Ilya	GET-7	54	Weber Bodo*	SE09-1	147
Velasco Castro Enrique	EG-43 CARTEL	36	Weber Bodo	SE20-15 CARTEL	189
Velasco Fuentes Oscar Uriel	SE15-44 CARTEL	171	Weeraratne Dayanthie*	SIS-41 CARTEL	110
Velasco Hernández Ángeles	SE18-1	178	Welsh Rodríguez Carlos Manuel	CCA-76 CARTEL	25
Velasco Lindero Miguel Ángel	EG-1	27	Welsh Rodríguez Carlos Manuel*	SE10-4	152
Velasco Lindero Miguel Ángel*	GEOH-16	46	Welsh Rodríguez Carlos Manuel	SE21-1	190
Velasco Lindero Miguel Ángel	SE24-6	201	Werner Maximilian J.	SE01-9	121
Velasco Miguel Ángel	SE12-11	158	Wilk Kinsey	SE07-8	143
Velasco Ramírez David	SE16-2	172	Williams Billy	CCA-55	21
Velasco Tapia Fernando	EG-34 CARTEL	34	Wyss Max*	SIS-31	108
Velasco Vinasco Julián A.	CCA-54	21	Wyss Max	SE01-10	122
Velasco Zavala Jorge Eduardo*	CCA-36	17	Xu Shunshan	GET-2	53

Xu Shunshan	GET-16 CARTEL	56
Yáñez-Casas Gabriela Aurora*	CCA-68 CARTEL	23
Yáñez-Casas Gabriela Aurora	SE21-4	190
Yáñez-Casas Gabriela Aurora*	SE21-17 CARTEL	193
Yáñez Gabriela*	SE21-18 CARTEL	193
Yáñez Pérez Gabriela	SE12-4	156
Yarbuh Ismael	EG-12	29
Yarbuh Ismael	SE08-4	144
Yassmany Hernández Iván	CCA-28	16
Yegres Herrera Luis Alejandro	SE22-2	195
Yegres Herrera Luis Alejandro*	SE22-4	195
Yegres Herrera Luis Alejandro	SE22-8	197
Yépez González Enrico	GEOH-31 CARTEL	49
Yépez-González Enrico	SE14-1	161
Yépez-Rincón Fabiola D.	RN-21 CARTEL	98
Yescas Mario	SE04-8	134
Yoshida Teruaki	AR-4	1
Yutis Vsevolod	EG-22	31
Yutis Vsevolod*	GET-7	54
Zambrana Areas Xochilt Esther*	EG-25 CARTEL	32
Zambrana Areas Xochilt Esther*	EG-27 CARTEL	32
Zamora Camacho Araceli	EG-39 CARTEL	35
Zamora Camacho Araceli	SIS-43 CARTEL	110
Zamora Camacho Araceli	VUL-6	113
Zamora Camacho Araceli*	SE17-8	176
Zamora Martínez Olivia	SE24-7	201
Zamudio Luis	OCE-7	78
Zanolli Fabila Betty Luisa*	SIS-49 CARTEL	111
Zapién Arroyo Claudia Guadalupe*	VUL-30 CARTEL	119
Zarate Pérez Pablo Ángel	SE24-15	203
Zarazúa-Carbajal María Cristina*	SE17-5	175
Zarraluqui Víctor*	CCA-9	12
Zarraluqui Víctor	CCA-14	13
Zarza Alvarado Miriam	OCE-47 CARTEL	87
Zarza Alvarado Miriam Arianna	OCC-9	75
Zarza Alvarado Miriam Arianna	SE03-7	130
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-17	14
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-22	15
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-36	17
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-37	18
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-40	18
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-58 CARTEL	22
Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-59 CARTEL	22
Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-60 CARTEL	22
Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-77 CARTEL	25
Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-78 CARTEL	25
Zavala Hidalgo Jorge	OCE-18	80
Zavala Hidalgo Jorge	OCE-23	81
Zavala-Hidalgo Jorge	OCE-47 CARTEL	87
Zavala-Hidalgo Jorge*	SE15-3	163
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-43 CARTEL	171
Zavala-Reyes Juan C.*	CCA-80 CARTEL	26
Zavala Romero Olmo*	CCA-22	15
Zavala Romero Olmo*	SE16-3	172
Zavala Sansón Luis*	SE15-26	167
Zavala Sansón Luis	SE15-27	167
Zavala Sansón Luis	SE15-28	167
Zavala Sansón Luis	SE15-29	168
Zavala Sansón Luis	SE15-45 CARTEL	171
Zavala Sansón Luis*	SE16-6	173
Zavaleta Medrano Tabhata*	OCE-49 CARTEL	87
Zavaleta Palacios Mariana*	CCA-64 CARTEL	23
Zenteno Jiménez José Roberto	SE24-26 CARTEL	206
Zepeda Memije Rodolfo	SE24-18 CARTEL	204
Zepeda Memije Rodolfo Javier	SE24-10	202
Zepeda Ramos Oscar	SE01-11	122
Zepeda Tolentino Lizet	EG-19	31
Zierenberg Robert A.	EG-12	29
Zierenberg Robert A.	SE08-4	144
Zúñiga Dayna*	SIS-20	106
Zúñiga F. Ramón	SIS-31	108
Zúñiga F. Ramón*	SE01-10	122
Zúñiga Francisco Ramón	SE01-6	121
Zúñiga Francisco Ramón	SE01-7	121
Zúñiga Ramón	SE01-1	120
Zúñiga Tovar Angel Emmanuel	OCE-49 CARTEL	87
Zúñiga Villarreal Constanza*	CCA-79 CARTEL	25

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote y Caridad Cárdenas Monroy
Editores



geos

Información con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(646)174-5050
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.edu.mx



geos

