

# geos



**RAUGM 2019**  
GEOCIENCIA Y SOCIEDAD

Volumen 39 No. 2 Febrero de 2020

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

---

### UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. Mesa Directiva 2018-2019

**Dra. Ligia Pérez Cruz**  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
Presidenta

**Dra. Vanesa Magar Brunner**  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
Vicepresidenta

**Dra. Aída Martínez López**  
*CICIMAR, IPN*  
Secretaria General

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

**Dr. Víctor H. de la Luz**  
*Instituto de Geofísica, Morelia, UNAM*  
Secretaria de Difusión

**Dra. Susana Alaniz Álvarez**  
*Centro de Geociencias, UNAM*  
Secretaria de Educación

**Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi**  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
Secretario Internacional

**Dr. Víctor Manuel Wong Ortega**  
*Unión Geofísica Mexicana*  
Tesorero

#### Editores Principales

Luis A. Delgado Argote  
[ldelgado@cicese.mx](mailto:ldelgado@cicese.mx)  
CICESE

Víctor de la Luz  
[vdelaluz@geofisica.unam.mx](mailto:vdelaluz@geofisica.unam.mx)  
UNAM

#### Comité Editorial

Harald Böhnel, 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

Angel 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, 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](mailto:ldelgado@cicese.mx)  
Tel. en Ensenada B.C.: (646)175-0500, Ext. 26060

---

Título: GEOS

Periodicidad: semestral

ISSN: 0186-1891

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

## EDITORIAL

La Reunión Anual de la UGM en su edición número 59 fue un evento muy nutrido y enriquecedor, con diferentes actividades. Se presentaron 910 trabajos relacionados con Ciencias de la Tierra y el Espacio, 573 en sesiones orales y 337 carteles; 20 sesiones regulares y 23 sesiones especiales; 22 pláticas invitadas y 15 cursos.

En este evento participaron académicos y estudiantes de la mayoría de los estados del país, desde Baja California, hasta la Península de Yucatán, así como científicos de otros países de América Latina, Canadá, Estados Unidos y Europa.

Tuvimos la fortuna de contar con la participación de seis reconocidos científicos a nivel internacional: Michael Sideris, Chris McEnthee, Laurance Donnelly, John Fletcher, Chuanmin Hu, Clezio Marcos De Nardin, quienes dictaron conferencias plenarias a lo largo de la semana, con temas de gran relevancia, transitando por las observaciones satelitales y su aplicación en ciencias de la Tierra, la generación de grandes sismos, los avances globales en la geología forense, el crecimiento del Sargazo, hasta la importancia del clima espacial.

Se llevó a cabo el foro de Discusión sobre "Geociencias y Sociedad", que fue uno de los temas centrales en esta reunión. En este foro participaron seis panelistas nacionales e internacionales: Ricardo Barragán Manzo, Director del Instituto de Geología, UNAM, Lucia Capra Pedol, Directora del Centro de Geociencias, UNAM, Hugo Delgado Granados, Director del Instituto de Geofísica, UNAM, Chris McEntee, CEO American Geophysical Union, Joaquín Ruiz, Dean College of Sciences, Universidad de Arizona y Michael Sideris, University of Calgary, Ex-presidente de la International Union of Geodesy and Geophysics.

En el foro se discutieron tópicos relacionados con riesgos y peligros, su prevención y mitigación, cambio climático, degradación y contaminación de suelos, sismos, mega-ciudades y políticas públicas, entre otros; considerando, el papel que juegan las ciencias de la Tierra y del Espacio, para enfrentar y atender este tipo de problemas en beneficio de la sociedad.

Se organizó la Kermés de Ciencias de la Tierra y el Espacio la que estuvo dirigida al público en general y se impartieron 11 talleres y cinco charlas de divulgación. La Dra. Ericka Alinne Solano de la Universidad del Mar del campus de Puerto Ángel y el Dr. Víctor de la Luz, Secretario de Difusión de la UGM, estuvieron a cargo de la organización del evento, con patrocinio parcial de la American Geophysical Union (AGU), con motivo de la celebración de su 100 aniversario.

La Unión y en particular la RAUGM2019, operó gracias al esfuerzo y voluntad de académicos y estudiantes de distintas instituciones, por lo que agradezco el valioso apoyo de todos los que participaron en la organización de las reuniones en 2018 y 2019, a los coordinadores de las sesiones, a los instructores de los cursos y a los colegas que se sumaron.

Gracias al apoyo recibido -tanto económico como humano-, por parte de las instituciones académicas que desde la creación de la Unión han sido su principal soporte: el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de los institutos de Geofísica, Geología, Ingeniería y del Centro de Geociencias, y en particular, quiero reconocer el importante apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM durante los últimos cuatro años.

Sinceramente  
**Dra. Ligia Pérez Cruz**  
Unión Geofísica Mexicana, A. C.

# ESTRUCTURA DE LA REUNIÓN ANUAL 2019

La Reunión Anual 2019 tuvo 910 trabajos aceptados repartidos en 20 sesiones regulares y 23 sesiones especiales. Distinguidos especialistas dieron conferencias plenarias en seis áreas de interés. Se ofreció una mesa de discusión en temas de actualidad. Las sesiones se presentaron en seis salas simultáneas y hubo un área de carteles y exposición con 32 expositores de los sectores privado, público y académico. Se ofrecieron además 15 cursos de capacitación sobre temas de interés diverso para estudiantes y especialistas.

## Conferencias Plenarias

### **GEOSCIENCE APPLICATIONS OF SATELLITE EARTH OBSERVATIONS**

Michael G. Sideris  
Department of Geomatics Engineering, University of Calgary

### **EARTH AND SPACE SCIENCE IN THE 21ST CENTURY: A CALL TO ACTION**

Christine McEntee  
American Geophysical Union, AGU

### **HOW TO GENERATE A LARGE EARTHQUAKE**

John Mackrain Fletcher  
Departamento de Geología, CICESE

### **GLOBAL ADVANCEMENTS IN FORENSIC GEOLOGY**

Laurance Donnelly  
Initiative on Forensic Geology, IUGS

### **RISING GREEN TIDES AND BROWN TIDES: AN OCEANOGRAPHIC REGIME SHIFT?**

Chuanmin Hu  
University of South Florida, USF

### **SPACE WEATHER: WHO CARES?**

Clezio Marcos De Nardin  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

## Mesas de Discusión

### **GEOCIENCIA Y SOCIEDAD**

Panelistas:  
Ricardo Barragán Manzo, Director del Instituto de Geología, UNAM  
Lucia Capra Pedol, Directora del Centro de Geociencias, UNAM  
Hugo Delgado Granados, Director del Instituto de Geofísica, UNAM  
Christine McEntee, CEO American Geophysical Union  
Joaquín Ruiz, Dean College of Sciences, Universidad de Arizona  
Michael Sideris, Ex-presidente de la International Union of Geodesy and Geophysics, Universidad de Calgary

Coordinadores:  
Jaime Urrutia Fucugauchi, Instituto de Geofísica, UNAM  
Ligia Pérez-Cruz, Instituto de Geofísica, UNAM

## Sesiones Regulares

### **ARQUEOMETRÍA (AR)**

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

### **CIENCIAS DEL SUELO (CS)**

Organizadores:  
Daniel Peralta, Ligia Pérez-Cruz

### **CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA (CCA)**

Organizadores:  
Erika Danaé López Espinoza, Luis Felipe Pineda Martínez

**EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (EG)**

Organizadores:  
Mario González, Iza Canales

**FÍSICA ESPACIAL (FE)**

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

**GEODESIA (GEOD)**

Organizadores:  
Enrique Cabral

**GEOHIDROLOGÍA (GEOH)**

Organizadores:  
Alberto Arias Paz, Alfredo Ramos Leal

**GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (GP)**

Organizadores:  
Javier Arellano Gil

**GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA (GET)**

Organizadores:  
Luca Ferrari, José Rosas-Elguera

**GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL (GGA)**

Organizadores:  
Roberto Maciel

**GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO (GEOPAL)**

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

**GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA (GEOQP)**

Organizadores:  
Daniel Peralta, Ligia Pérez-Cruz

**MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS (MSG)**

Organizadores:  
Luis Gallardo, Vlad Manea

**OCEANOGRAFÍA COSTERA (OCC)**

Organizadores:  
Héctor García Nava, Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu, Miguel Ángel Ahumada Sempoal, Manuel Verduzco Zapata

**OCEANOLOGÍA (OCE)**

Organizadores:  
Ismael de Jesús Mariño Tapia

**PALEONTOLOGÍA (PALEO)**

Organizadores:  
Ricardo Barragán Manzo, Miguel Angel Torres Martínez

**RIESGOS NATURALES (RN)**

Organizadores:  
David Novelo

**SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA (SED)**

Organizadores:  
Jesús Arturo Martín Barajas

**SISMOLOGÍA (SIS)**

Organizadores:  
Víctor Hugo Márquez Ramírez, Quetzalcoatl Rodríguez

**VULCANOLOGÍA (VUL)**

Organizadores:  
Lucía Capra

## Sesiones Especiales

### **CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA DE YACIMIENTOS PETROLEROS Y SUS IMPLICACIONES EN LA TOMA DE DECISIONES (SE01)**

Organizadores:  
María Magdalena Montiel López, Erick Osorio Santiago

### **4TO SEMINARIO IBEROAMERICANO DE GEOCIENCIAS FORENSES (SE02)**

Organizadores:  
Ana Caccavari Garza, Carlos Martín Molina Gallego, Laurance Donnely, Fabio Salvador

### **MODELACIÓN DE PROCESOS ATMOSFÉRICOS: TEORÍA Y APLICACIONES (SE03)**

Organizadores:  
Yuri Skiba, David Parra-Guevara

### **COMUNICACIÓN, DIVULGACIÓN Y EDUCACIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA (SE04)**

Organizadores:  
Bernardo Bastien-Olvera, Raiza Pilatowsky-Gruner

### **MODELACIÓN REGIONAL DEL CLIMA Y CORDEX (SE05)**

Organizadores:  
Ruth Cerezo-Mota, Juan Matías Mendez Pérez

### **MODELACIÓN NUMÉRICA PARA ENERGÍAS RENOVABLES (EÓLICA Y MAR) (SE06)**

Organizadores:  
Markus Gross, Vanesa Magar

### **LIMNOLOGÍA FÍSICA (SE07)**

Organizadores:  
Diego A. Pantoja, Javier Alcocer, Anatoliy Filonov, Tzitzlali Gasca

### **CIENCIAS SUBACUÁTICAS, EXPERIENCIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA INVESTIGACIÓN MARINAS Y EN AGUAS CONTINENTALES (SE08)**

Organizadores:  
Leonardo Figueroa, Christopher Hancock

### **FRONTERA ENTRE LA ARQUEOLOGÍA, ANTROPOLOGÍA Y LAS GEOCIENCIAS: PRIMER ENCUENTRO DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE ARQUEOMETRÍA DEL OCCIDENTE (SE09)**

Organizadores:  
Rodrigo Esparza, José Luis Punzo, Blanca Maldonado, Peter Jiménez

### **DERRAMES DE PETRÓLEO EN MAR PROFUNDO: ENFRENTANDO EL FUTURO (SE10)**

Organizadores:  
Adolfo Gracia, Steven A. Murawski, Liesl Hotaling, Sherryl Gilbert

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

Organizadores:  
Marina Manea, Sara Solís Valdéz, Erika Jessenia Moreno

### **PREVENCIÓN DE DESASTRES POR TERREMOTOS Y TSUNAMIS EN MÉXICO (SE12)**

Organizadores:  
Yoshihiro Ito, Víctor M. Cruz-Atienza

### **2017 MW 8.2 SISMO DE TEHUANTEPEC (SE13)**

Organizadores:  
Allen Husker, Aaron Velasco, Marco Calo, Xyoli Pérez-Campos

### **MONITOREO DE PROCESOS SUPERFICIALES EN AMBIENTE VOLCÁNICO (SE14)**

Organizadores:  
Lucía Capra, Víctor Hugo Márquez Ramírez, Velio Coviello

### **OBSERVACIONES Y MODELOS SOBRE LA CIRCULACIÓN, BIOGEOQUÍMICA, Y ECOLOGÍA DEL GOLFO DE MÉXICO (SE15)**

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

**RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL (SE16)**

Organizadores:  
Arturo Iglesias, Denis Legrand, Marco Calo

**ESQUEMAS EMERGENTES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA (SE17)**

Organizadores:  
Alejandro Hinojosa, Sergio Arregui

**REGISTROS PALEOCLIMÁTICOS CONTINENTALES Y MARINOS (SE18)**

Organizadores:  
Abdel Siffedine, Ligia Pérez-Cruz

**AVANCES EN LA APLICACIÓN DE MÉTODOS EN GEOFÍSICA SOMERA (SE19)**

Organizadores:  
Martín Cárdenas Soto, Gerardo Cifuentes Nava, David Escobedo Zenil, Esteban Hernández Quintero

**SARGAZO (SE20)**

Organizadores:  
Ligia Pérez-Cruz, Elisa Serviere Zaragoza

**25 AÑOS DE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL: UNO DE LOS VOLCANES MÁS PELIGROSOS DEL MUNDO (SE21)**

Organizadores:  
Hugo Delgado Granados, Robin Campion

**GENERAL (SE22)**

Organizadores:  
Daniel Peralta, Ligia Pérez-Cruz

**CONFERENCIAS PLENARIAS (SE23)**

Organizadores:  
Daniel Peralta, Ligia Pérez-Cruz

Cursos

**ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SISTEMA PETROLERO (CU01)**

Instructores:  
María Magdalena Montiel López, Erick Osorio Santiago

**¿CÓMO COMUNICAR MI INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DE NARRATIVAS AUDIOVISUALES? (CU02)**

Instructores:  
Raiza Pilatowsky-Gruner, Bernardo Bastien-Olvera, Ernesto Mata Plata

**CURSO EN GEOCIENCIAS FORENSES (CU03)**

Instructores:  
Rosa María Dimaggio, Carlos Martín Molina, Lornan Dawson, Laurance Donnelly

**MONITOREO TERRESTRE POR UAVS: PLANIFICACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS (CU04)**

Instructores:  
José Tuxpan, Oscar Almanza, Fermín Villalpando

**GRAFICACIÓN DE DATOS CIENTÍFICOS USANDO GNUPLLOT (CU05)**

Instructores:  
Gilberto Armando Casillas Pérez, Pablo Villanueva Hernández

**INTRODUCCIÓN A LA INVERSIÓN DE FORMA DE ONDA (CU06)**

Instructores:  
Alan Juárez, Leonardo Ramírez-Guzmán, Armando Espíndola Carmona, Carlos Mendoza

**ADQUISICIÓN DE DATOS BATIMÉTRICOS CON SISTEMA MULTITRAZ, TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO ANTE DISTINTOS ESCENARIOS (CU07)**

Instructores:  
Leonardo José Figueroa Albornoz, Christopher Hancock

**MODELADO E INVERSIÓN 1D Y 2D DE RESISTIVIDAD DC CON SOFTWARE DE ACCESO LIBRE (CU08)**

Instructores:  
Marco Antonio Pérez Flores, Ángel Daniel Peralta Castro

**MODELACIÓN DE EROSIÓN COSTERA DURANTE TORMENTAS Y HURACANES CON XBEACH (CU09)**

Instructores:  
Jaime Arriaga, Jantien Rutten

**MODELACIÓN NUMÉRICA EN INGENIERÍA COSTERA (CU10)**

Instructores:  
Christian Appendini

**INTRODUCCIÓN AL CÓMPUTO CIENTÍFICO CON PYTHON (CU11)**

Instructores:  
Luis Miguel de la Cruz Salas

**METODOLOGÍA VISHMOD (CU12)**

Instructores:  
Janete Morán Ramírez, José Alfredo Ramos Leal

**COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA (CU13)**

Instructores:  
Jaime Urrutia-Fucugauchi

**LOCALIZACIÓN HIPOCENTRAL DE ALGUNOS SISMOS REGIONALES DE MÉXICO (CU14)**

Instructores:  
Delia Iresine Bello Segura

**GEOMETRÍA FRACTAL, SISTEMAS DINÁMICOS NOLINEALES Y SUS APLICACIONES EN GEOCIENCIAS (CU15)**

Instructores:  
Tomás Morales Acoltzi, Marcos Bernal Romero, Daniel Peña Maciel, Silvia Herrera Cortés

Expositores

**GURALP | VASE (P1)**

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

**SIGMETRIC (P2)**

<http://www.sigmetric.com>

**GEOELEC (P3)**

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

**AMPERE (P4)**

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

**NORTEK (E1)**

<http://www.nortekgroup.com>

**ZEBRA EARTH SCIENCES INC (E2)**

<http://www.zebraes.com>

**GEOTEM (E3)**

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

**NANOMETRICS (E4)**

<http://www.nanometrics.ca>

**IGS (E5)**

<http://www.igsmex.com>

**ZFGEO (E6)**

<http://www.zfgeo.com>

**AGE (E7)**

<http://www.agiusa.com>

**SCINTREX | TASE (E8)**

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

**RASPBERRY SHAKE (E9)**

<http://www.raspberryshake.org>

**COPO | CIC (E10)**

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

**KONGSBERG (E11)**

<http://www.kongsberg.com>

**BRUKER (E12)**

<http://www.bruger.com>

**KONGSBERG (E13)**

<http://www.kongsberg.com>

**AMGE (E14)**

<http://www.amge.mx>

**TERRACON (E15)**

<http://www.terracon-int.com>

**PHOENIX GEOPHYSICS (E16)**

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

**C-IMAGE III (E17)**

<http://www.marine.usf.edu/c-image>

**GUIDELINE GEO / ABEM / MALÅ | COMEXMOL (E18)**

<http://www.guidelinegeo.com> | <http://www.comexmol.com>

**INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM (A1)**

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

**INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM (A2)**

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

**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM (A3)**

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

**CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM (A4)**

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

**GEOCIENCIAS APLICADAS, IPICYT (A5)**

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

**CTBTO (A6)**

<http://www.ctbto.org>

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UANL (A7)**

<http://www.fct.uanl.mx>

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM (A8)**

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

**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE (A11)**

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

**CICESE (A12)**

<http://www.cicese.mx>

Patrocinadores

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM**

<http://www.unam.mx>

**COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM**

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

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

<http://www.cicese.mx>

**GURALP | VASE**

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

**SIGMETRIC**

<http://www.sigmetric.com>

**ZFGEO**

<http://www.zfgeo.com>

**KONGSBERG**

<http://www.kongsberg.com>

**INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM**

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

**INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM**

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

**CENTRO DE GEOCIENCIAS, UNAM**

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

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM**

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

**GUIDELINE GEO / ABEM / MALÅ | COMEXMOL**

<http://www.guidelinegeo.com> | <http://www.comexmol.com>

Comité Organizador

**Ángel Daniel Peralta Castro**

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

**Sergio Manuel Arregui Ojeda**

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

**Miguel Ángel Rodríguez Domínguez**

Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

**José de Jesús Mojarro Bermúdez**

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

# ÍNDICE GENERAL

	Página
Editorial .....	i
Estructura de la Reunión Anual 2019 .....	ii
Índice general .....	ix

## Sesiones Regulares

Arqueometría (AR) .....	77
Ciencias del suelo (CS) .....	85
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA) .....	89
Exploración geofísica (EG) .....	104
Física espacial (FE) .....	118
Geodesia (GEOD) .....	124
Geohidrología (GEOH) .....	128
Geología del petróleo (GP) .....	136
Geología estructural y tectónica (GET) .....	139
Geología y geofísica ambiental (GGA) .....	149
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL) .....	155
Geoquímica y petrología (GEOQP) .....	160
Modelación de sistemas geofísicos (MSG) .....	171
Oceanografía costera (OCC) .....	177
Oceanología (OCE) .....	186
Paleontología (PALEO) .....	191
Riesgos naturales (RN) .....	196
Sedimentología y estratigrafía (SED) .....	204
Sismología (SIS) .....	211
Vulcanología (VUL) .....	223

## Sesiones Especiales

Caracterización estática de yacimientos petroleros y sus implicaciones en la toma de decisiones (SE01) .....	231
4to Seminario Iberoamericano de Geociencias Forenses (SE02) .....	235
Modelación de procesos atmosféricos: teoría y aplicaciones (SE03) .....	241
Comunicación, divulgación y educación de las Ciencias de la Tierra (SE04) .....	246
Modelación regional del clima y CORDEX (SE05) .....	253

Modelación numérica para energías renovables (eólica y mar) (SE06) .....	256
Limnología Física (SE07) .....	259
Ciencias Subacuáticas, experiencias y herramientas para la investigación marinas y en aguas continentales (SE08) .....	263
Frontera entre la arqueología, antropología y las geociencias: primer encuentro de la Sociedad Mexicana de Arqueometría del Occidente (SE09) .....	267
Derrames de petróleo en mar profundo: Enfrentando el futuro (SE10) .....	271
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE11) .....	279
Prevención de desastres por terremotos y tsunamis en México (SE12) .....	284
2017 Mw 8.2 Sismo de Tehuantepec (SE13) .....	291
Observaciones y modelos sobre la circulación, biogeoquímica, y ecología del golfo de México (SE15) .....	294
Ruido sísmico ambiental (SE16) .....	306
Esquemas emergentes de observación de la Tierra (SE17) .....	309
Registros paleoclimáticos continentales y marinos (SE18) .....	314
Avances en la aplicación de métodos en geofísica somera (SE19) .....	319
Sargazo (SE20) .....	323
General (SE22) .....	327
Conferencias plenarias (SE23) .....	329
Índice de autores .....	332

Sesión regular

# **ARQUEOMETRÍA**

Organizadores:

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

AR-1

## EL CERRO DEL NOVILLERO: UN YACIMIENTO DE OBSIDIANA DESCONOCIDO EN LA REGIÓN VALLES DE JALISCO

Acedo González Luis<sup>1</sup>, Esparza López Rodrigo<sup>1</sup> y Velázquez Maldonado Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Estudios Arqueológicos-El Colegio de Michoacán, A.C., COLMICH<sup>2</sup>LADIPA-El Colegio de Michoacán, A.C.  
luis.acedogonzalez@gmail.com

El Cerro del Novillero es un yacimiento de obsidiana que no se tenía registro en los valles centrales de Jalisco. Este se ubica en la porción suroeste del mismo valles y frontera con las cuencas de Chapala y Sayula. Su relación espacial está entre dos eventos volcánicos mayores que son la Sierra de Ahuiscolco y Navajas junto con la Caldera de la Primavera. En los primeros recorridos de superficie que se hicieron en el lugar se pudieron detectar al menos 5 barrancas con un número indeterminado de pozos de extracción prehispánico, así como toneladas de desechos de talla para el desbaste primario. Llama la atención que la obsidiana es de color gris o negro de muy buena calidad con nódulos que van de los 5 a a los 60 o 70 cm suficiente para poder generar núcleos para la obtención de lascas y navajas. La temporalidad del yacimiento es aún un misterio porque no han cerámica u otro material que nos permita fecharlo, sin embargo, si comparamos el tipo de talla posiblemente se trate de un yacimiento que explotó durante el Epiclásico y Posclásico temprano. Nuestro interés en este yacimiento por un lado, es la caracterización geoquímica del lugar con el fin de comparar los resultados con los yacimientos cercanos, principalmente los de Navajas, Ahuiscolco y Caldera de la Primavera para ver si se trata de algún fenómeno relacionado o es totalmente aparte. Y en un segundo termino, consistirá en contextualizar el yacimiento en el marco histórico y económico regional. Es decir, preguntarnos cuál fue la importancia de este yacimiento en la explotación, consumo y comercio de la obsidiana en la región y zonas circunvecinas. Para los análisis de obsidiana, se trataron un total de 50 muestras por la técnica de XRF. Los resultados que hasta el momento se tienen es que las muestras son muy homogéneas, lo que posiblemente se trate de un sólo evento, pero que no tiene relación con los otros yacimientos de la región. Esto vendría a cambiar un poco la historia del comercio de la obsidiana de menos para la parte del Lago de Chapala y Cuenca de Sayula. Cabe señalar que este estudio es parte del proyecto de investigación de alumno Luis Acedo González inscrito en la maestría en arqueología del Centro de Estudios Arqueológicos de El Colegio de Michoacán, A.C. Y con una colaboración importante del Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio del propio Colegio.

AR-2

## ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X PARA 23 YACIMIENTOS DE OBSIDIANA DE MÉXICO Y GUATEMALA

Acosta Ochoa Guillermo<sup>1</sup> y García Gómez Víctor Hugo<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas UNAM, IIA-UNAM<sup>2</sup>Posgrado en Antropología, UNAM  
acostaocchoa@gmail.com

En este trabajo se exponen algunas de las experiencias que el Laboratorio de Prehistoria y Evolución ha tenido en los últimos cinco años en la creación de una base de datos para 23 yacimientos de obsidiana procedentes de México y el Altiplano Guatemalteco, así como su empleo como material de comparación en el análisis de procedencia de obsidiana arqueológicas. Esta metodología la resumimos en cuatro aspectos relevantes al momento de desarrollar un estudio de procedencia en obsidiana arqueológicas mediante el análisis de Fluorescencia de Rayos X, considerando los distintos aspectos vinculados a problemáticas particulares que incluyen: a) problemas inherentes a la técnica de análisis, b) condiciones de las muestras arqueológicas a analizar, c) muestreo sistemático de los yacimientos considerando la geología del área y, d) procesamiento estadístico de los resultados. Con esta metodología se ha logrado definir con mayor certidumbre la procedencia geológica de muestras arqueológicas concretas.

AR-3

## PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE OBSIDIANAS DE MÉXICO CENTRAL: CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA

Manuel Viveros German Alexis<sup>1</sup>, Alva Valdivia LuisManuel<sup>2</sup>, García Víctor<sup>3</sup> y Acosta Ochoa Guillermo<sup>3</sup><sup>1</sup>Facultad de Ciencias, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM  
geralexviveros@ciencias.unam.mx

Reportamos una caracterización de propiedades magnéticas: susceptibilidad magnética, magnetización remanente natural, magnetización remanente isoterma, parámetros de histéresis, análisis de interacción de dominios magnéticos (FORC), distribución de coercitividad y curvas termomagnéticas, medidos en 280 muestras pertenecientes a 14 sitios de obsidiana recolectadas en sitios los estados de Hidalgo, Edo. de México, Jalisco, Puebla y Michoacán distribuidos a lo largo del Eje Volcánico Transmexicano. La susceptibilidad vs NRM sugieren distintas tendencias entre los depósitos, i.e., algunos sitios se agrupan entre sí diferenciándose de otros, mientras

que en algunos otros se dispersan de manera que algunos especímenes, de distintos sitios, se traslapan entre sí. La diferencia principal radica en la intensidad de la NRM que oscila entre 1.4 a 496 mA/m y los rangos de susceptibilidad se distribuyen entre 0 - 2000 x 10<sup>-3</sup> SI. Los diagramas de FORC, curvas de distribución de coercitividad, histéresis y termomagnéticas sugieren la posibilidad de establecer una caracterización magnética detallada para cada depósito de obsidiana permitiendo diferenciarlos entre sí y otorgarles una identidad a cada uno.

AR-4

## EVIDENCIAS QUÍMICO-MINERALÓGICAS QUE CONFIRMAN LA AUTENTICIDAD DEL CÓDICE MAYA DE MÉXICO

Barrios Ruiz Alba Azucena<sup>1</sup> y Sánchez Hernández Ricardo<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia  
ollallo.estoperol@gmail.com

La autenticidad del Códice Maya de México se mantuvo en debate hasta antes de la publicación del presente estudio. La incógnita sobre su origen era consecuencia de su procedencia referida a un contexto de saqueo y por su particular iconografía, lo cual dio pie a dos corrientes de investigación, una liderada por Michael Coe, primer estudioso del código, quien ha sostenido que se trata de un documento prehispánico auténtico, y la otra concentrada a investigadores que afirmaban que se trataba de un código falso debido a que su iconografía no se ajustaba a los estilos "característicos" mayas establecidos, aunado a que no había sido posible realizar estudios analíticos exhaustivos debido al estado de deterioro del documento. Fue hasta 1985 que investigadores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) realizaron el primer estudio científico que comprendió la identificación de los componentes pictóricos del código mediante pruebas microquímicas y análisis petrográfico, con el que se determinó en primera instancia que la composición de la imprimatura corresponde a yeso, el pigmento rojo a hematita, el pigmento negro es "negro de humo", el pigmento azul correspondía probablemente a una arcilla coloreada y el pigmento café amarillento contenía un material orgánico no identificado. Nuevamente en 2017 la controversia sobre la autenticidad y la antigüedad del Códice Maya de México volvió a desatarse a causa de la publicación "Authenticity of the Grolier Codex remains in doubt" ([www.mexicon.de](http://www.mexicon.de)) en la que Bruce Love sostiene que el código no es de manufactura precolombina, sin embargo asegura que los únicos elementos que sustentarían la autenticidad del manuscrito es la identificación plena del escaso y probable pigmento de Azul Maya aplicado en una sección del código y la presencia de compuestos orgánicos en las "manchas de agua" que están distribuidas en todo el documento. Lo anterior motivó a especialistas del INAH a realizar un estudio interdisciplinario y transdisciplinario con el fin de ampliar el conocimiento sobre este documento; es así que en el presente trabajo se muestran los resultados de los análisis químico-mineralógicos y estructurales obtenidos por OM, SEM/EDS, FT-IR y RS con los cuales se determinó contundentemente la composición de la imprimatura y de todos los pigmentos, en especial los de tipo híbrido como son el Azul Maya y la laca cochinita, lo que hacen del Códice Maya de México, en conjunto con los resultados de la datación por 14C y el resto de estudios estilísticos y antropológicos, el manuscrito prehispánico más antiguo conocido y uno de los bienes que forman parte del Patrimonio Histórico-Cultural de la Nación.

AR-5

## LA FUNCIONALIDAD DE ARTEFACTOS LÍTICOS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE HUELLAS DE USO Y LA MICRO ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO APLICADOS A CONTEXTOS PRECERÁMICOS EN MÉXICO

Pérez Martínez Patricia<sup>1</sup>, Reyes Lezama Marisol<sup>2</sup> y Acosta Ochoa Guillermo<sup>3</sup><sup>1</sup>Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH<sup>2</sup>Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC-IQ-UNAM)<sup>3</sup>Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)  
patyperezmtz@gmail.com

Los análisis funcionales en artefactos líticos e identificación de microrrestos constituyen métodos valiosos para conocer la interacción sociedades-ambiente, así como las estrategias de subsistencia desarrolladas por grupos cazadores-recolectores en el pasado. Ambas líneas resultan fundamentales para detectar cambios en la frecuencia de explotación de recursos y en la organización de las actividades productivas. Sin embargo, su aplicación a contextos de cazadores-recolectores en México es inexistente. Por ello se decidió su aplicación a conjuntos líticos recuperados en dos contextos precerámicos recuperados en el sureste y centro de México. El primero (La Encañada, Chiapas) con dataciones entre 5110-5860 cal. BP; y el segundo San Gregorio, Xochimilco con dataciones entre 3800 y 4500 ANE. La micro espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (MicroFTIR, por sus siglas en inglés) es una técnica con un gran potencial para ayudar en la identificación de residuos de forma no destructiva. Las aplicaciones recientes de la técnica, sin embargo, se han visto obstaculizadas por desafíos metodológicos, por lo que decidimos abordar en primer momento el problema desde el punto experimental en las siguientes categorías: a. Materiales maderables y vegetales: madera, tubérculos, suculentas y cañas b. Materiales faunísticos: hueso, grasa y carne. Lo anterior, con el objetivo de generar espectros de infrarrojo de residuos in situ en los artefactos arqueológicos. En primer momento generamos

estándares espectrales de reflectancia FTIRM para cada residuo experimental. Esto significa que la aplicación arqueológica de la técnica requerirá (1) análisis cuidadosos, identificación pico por pico de los resultados, (2) bibliotecas espectrales extensas, y (3) investigación sobre los efectos de la descomposición de los residuos sobre los artefactos líticos.

AR-6

## ESTUDIO ARQUEOMÉTRICO DE UN TIPO DE JARRAS EFIGIE DE LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO

Jiménez González Rocío Berenice<sup>1</sup>, Ortiz Butrón Agustín<sup>2</sup>, Acosta Ochoa Guillermo<sup>3</sup>, Cruz Palma Jorge Ezra<sup>4</sup> y Cervantes Rosado Juan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Antropología, UNAM

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia  
berenicejimenez@gmail.com

En las unidades domésticas de las comunidades agrícolas de la zona chinampera en Xochimilco del periodo Posclásico Tardío (1350-1521 d.C.), han sido localizadas un tipo de jarras que tienen como característica principal, el adosamiento de una aplicación en la parte frontal de la pieza, que posiblemente represente a una deidad femenina. Hasta el momento no ha sido identificada una fuente o referencia que mencione a este tipo de materiales, por lo que no ha sido posible atribuirle una tipología. Con el propósito de entender a cabalidad la función de estos materiales, y con la intención de otorgarles una tipología para así propiciar su identificación en los análisis de contextos arqueológicos posteriores, fue necesario estudiar estas piezas bajo el escrutinio de otros métodos que van más allá de los utilizados en los análisis formales tradicionales. En este trabajo se exponen los resultados preliminares de los estudios de residuos químicos impregnados en materiales porosos (spot test), fluorescencia de rayos X y gránulos de almidón aplicados a las jarras efigie, los cuales nos permitirán acceder a otro nivel de interpretación sobre su función y su presencia en las unidades domésticas de los antiguos chinamperos del Lago de Xochimilco.

AR-7

## ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE POLVOS DE RAYOS X Y EDS DE MATERIALES PREHISPÁNICOS HALLADOS EN EL SUBSUELO DE LA CASONA DEL CENTRO HISTÓRICO, DE LA CIUDAD DE PUEBLA

Teahulos Ortega Evelyn Donaji, Muñoz Máximo Ignacio, Rubio Rosas Efraín y Agustín Serrano Ricardo  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento. DITCO-BUAP  
eteahulosortega@gmail.com

Teahulos Ortega E. D., Muñoz Máximo I., Rubio Rosas E. & Agustín Serrano R. La ciudad de Puebla se fundó en 1531 (López et al., 2008), por ser una de las primeras ciudades de México la protección del patrimonio arquitectónico de la Zona de Monumentos Históricos de la Ciudad de Puebla (ZMHCP) es crucial, ya que fue declarada "Patrimonio de la Humanidad" por la UNESCO en 1987. La ZMHCP posee una extensión ~692 hectáreas y se conforma por manzanas rectangulares de 167 m por 83.50 m. El patrimonio monumental de la ZMHCP lo conforman 2167 monumentos históricos catalogados, de los cuales ~ 95 % son edificaciones de uso habitacional y el 5 % de ellos son edificios religiosos o civiles (Allende, 2002a). El 1.1 % son del siglo XVI, 23.4 % del XVII, 18.2 % del XVIII y el 57.3 % restante, corresponde a los siglos XIX y XX (Toledo, 2011). Durante los trabajos de restauración de la Casona (3 oriente y 5 de mayo) del centro histórico de la ciudad de Puebla, durante la apertura de calas exploratorias para evaluar los cimientos de la construcción, se hallaron dentro de un pozo sepultado a 1.5 m de profundidad, 15 especímenes de vestigios prehispánicos. Ello motivó a realizar una exploración más profunda (~ 5 m). En esta investigación se presentan los resultados obtenidos por las técnicas de SEM-EDS y DRX, así como de la columna estratigráfica in situ.

AR-8

## LA MEMORIA DEL FUEGO: ANÁLISIS DE LOS CONTEXTOS PIROTECNOLÓGICOS EN LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE DEL ÁREA MAYA

Ortiz Ruiz María Soledad<sup>1</sup>, De Lucio Morales Oscar G.<sup>2</sup>, Ruvalcaba Sil José Luis<sup>3</sup> y Barba Pingarrón Luis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Estudios Mesoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro INAH-Yucatán

<sup>2</sup>Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Laboratorio de Prospección Arqueológica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México  
sole.ortiz.ruiz@gmail.com

Estudiar la pirotecnología de una sociedad nos aporta el conocimiento sobre el uso y control del fuego; para el área Maya en la época prehispánica la pirotecnología se encuentra vagamente representada en las investigaciones arqueológicas; los hallazgos de hornos para cal en las Tierras Bajas del Norte permitieron estudiar

las estructuras de producción de cal y el proceso de combustión desarrollado al interior de los mismos así como rastrear las temperaturas alcanzadas por los Mayas prehispánicos en el uso del horno. Actualmente existen curvas de calibración mediante las cuales se miden las temperaturas de calcinación en la roca caliza para la zona de Medio Oriente. Sin embargo, debido a la diferencia de formación geológica y cronológica con respecto de la región Maya se decidió realizar una curva de calibración específica para el contexto mesoamericano. Esto se realizó a través de un experimento controlado de calcinación aplicando la técnica de Espectroscopia de Infrarrojo con el modulo de Reflectancia total Atenuada (FTIR-ATR). Esta calibración se diseñó para establecer los gradientes de temperatura alcanzados al interior de los hornos prehispánicos localizados en la región de Ichkaantijoo, los cuales al ser asociados a la cronología de la región nos permiten sugerir el uso de altas temperaturas en los contextos datados para el preclásico Medio. Lo cual nos permite inferir los conocimientos que los artesanos tenían sobre el uso del fuego y la producción de cal. Esta investigación fue realizada con el apoyo de los proyectos CONACYT LANCIC LN279740, LN293904, LN299076 y con el apoyo parcial de los proyectos CB239609 y PAPIIT UNAM IN112018; así como los proyectos CONACYT RED CAICPC 261115, 271709 y 294885.

AR-9 PLÁTICA INVITADA

## FRAGMENTOS DE HISTORIA: UN ESTUDIO EN IMAGEN HIPERESPECTRAL DE PINTURA MURAL EN MAYAPÁN

Pérez Flores Miguel<sup>1</sup>, De Lucio Morales Oscar G.<sup>1</sup>, Delgado Kú Miguel<sup>2</sup>, Peraza Lope Carlos<sup>2</sup> y Ortiz Ruiz Soledad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, LANCIC-IF

<sup>2</sup>Centro INAH-Yucatán

<sup>3</sup>Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM; Centro INAH-Yucatán  
cignusx1.pt@gmail.com

El asentamiento prehispánico de Mayapán, Yucatán, es considerado hoy en día como la última capital maya del período Posclásico; su importancia radicó en el territorio que abarcaba, cantidad y tamaño de estructuras, así como por la riqueza de sus hallazgos materiales (piezas de cerámica, lítica, objetos de concha y jade) Ledyard Smith (1962), indica que Mayapan presentó características impresionantes como su muralla, centro cívico y ceremonial dominado por el Templo de Kukulcán (Delgado 2009; Masson y Peraza 2015). Desde 1996, el INAH ha desarrollado estudios mediante el proyecto Mayapán, dirigido por el arqueólogo Carlos Peraza Lope, cuyo objetivo ha sido la exploración y restauración de edificios localizados en el núcleo principal de la ciudad. Gracias a este proyecto, se cuenta con vestigios murales y estucos modelados que forman el corpus de estudio en este trabajo. La investigación de los fragmentos de mural y estuco modelado comprendió la adquisición de imágenes hiperespectrales (hipercubos), el uso de rutinas de clasificación de los píxeles de cada una de las regiones y la aplicación de técnicas de estadística multivariable para el análisis de dichas imágenes. También se utilizó la técnica de espectroscopia de reflectancia por fibra óptica (FORS) y espectroscopia de infrarrojo por transformada de fourier en reflectancia total atenuada (FTIR-ATR) de manera complementaria. El registro de las imágenes hiperespectrales se realizó con el sistema 710VP de la marca Surface Optics Corp., con resolución espectral de 5.2 nm (entre 400 a 1000 nm) y resolución espacial de 696x520 píxeles. El análisis de resultados se implementó mediante ENVI 5.5, aplicando: Clasificación de mapeo de ángulo espectral (SAM); y la técnica estadística de análisis de componentes principales (PCA) a cada uno de los hipercubos. Los resultados más importantes incluyen la identificación de los pigmentos presentes en la superficie de los fragmentos de mural y su distribución sobre las regiones analizadas; complementariamente se utilizó la curva de calcinación para obtener las temperaturas con las que se manufacturó la cal utilizada en la manufactura del mural y el estuco modelado. REFERENCIAS Delgado Kú, M. A. 2009 La pintura mural de Mayapán, Yucatán: una interpretación iconográfica, Tesis de licenciatura, UADY, México Smith, A. Ledyard 1962 Residential and Associated Structures at Mayapan. Mayapan, Yucatan, Mexico. Carnegie Institution of Washington. Pub. 619: 165-318. Washington, D. C. P.L.M. Geladi, H.F. Grahn, J.E. Burger 2007 Multivariate images, hyperspectral imaging: background and equipment, Techn. Appl. Hyperspectral Image Anal. 1–15. C. Fischer, I. Kakoulli 2006 Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications, Stud. Conserv. 51 (Suppl. 1) 3-16 Masson Marilyn y Carlos Peraza Lope 2015 Kukulcan's Realm: Urban Life at Ancient Mayapan. University Press of Colorado, USA. AGRADECIEMENTOS Este trabajo ha sido financiado por: CONACYT LANCIC LN279740, LN293904, LN299076, CB239609 y PAPIIT UNAM IN112018, IT101219

AR-10

## CORROSIÓN ATMOSFÉRICA Y PATRIMONIO ARQUEOMETALÚRGICO EN LA CIUDAD DE OAXACA, MÉXICO

Hernández Escampa Abarca Marco Antonio<sup>1</sup>, Barrera Fernández Daniel<sup>2</sup> y Sarmiento Bustos Estela<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, UABJO

<sup>2</sup>Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, UABJO

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, UTEZ escampa951@gmail.com

La corrosión es el principal proceso de deterioro del patrimonio arqueometalúrgico. La velocidad del proceso corrosivo depende de factores tales como la temperatura, la humedad relativa y la presencia de especies químicas agresivas. El presente trabajo presenta la medición de corrosión atmosférica de la ciudad de Oaxaca de Juárez en México, ya que vastas proporciones del patrimonio arqueometalúrgico de la ciudad se encuentran en tal matriz. Debido a su gran relevancia, la ciudad de Oaxaca se incluye en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, pero por otro lado presenta graves problemas debidos al aumento reciente en el parque vehicular de la ciudad. Es debido a este incremento en las emisiones de gases contaminantes y al consecuente enriquecimiento atmosférico con especies químicas agresivas, que resulta relevante realizar mediciones de corrosión atmosférica para evaluar el impacto sobre el patrimonio en las distintas zonas del área conurbada. No existen mediciones actualizadas de corrosión atmosférica en Oaxaca aparte de las realizadas en este trabajo, lo cual constituye una de las principales aportaciones de la investigación. Se crearon cinco estaciones de corrosión atmosférica y se expusieron placas de cobre y de acero, representando las correspondientes familias o grupos metálicos con relevancia patrimonial. En general, el comportamiento del cobre podría dar indicios acerca del proceso que sucede en artefactos de cobre, bronce y latón mientras que el acero brinda pistas sobre el caso de los hierros y aceros. A lo largo de un año se realizaron las mediciones de temperatura, humedad relativa y corrosión atmosférica. Se confirma que en diversos momentos, la mayor corrosión se localiza en el centro histórico debido al problema de contaminación atmosférica. Además, se está realizando la geolocalización del patrimonio arqueometalúrgico con el objetivo de correlacionar los resultados en términos de análisis espacial. Se espera que los datos obtenidos constituyan una herramienta de gestión patrimonial al poder priorizar las intervenciones de conservación en el área urbana de Oaxaca. El procedimiento es aplicable a otros espacios geográficos.

AR-11

## CRONOLOGÍA BAYESIANA PARA EL SITIO PREHISTÓRICO DE SANTA MARTA, CHIAPAS

González Hernández Galia<sup>1</sup>, Beramendi Oroscio Laura Eugenia<sup>2</sup>, Acosta Ochoa Guillermo<sup>3</sup>, García Gómez Víctor Hugo<sup>3</sup> y Orihuela López Osvaldo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

<sup>4</sup>Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH galia@geofisica.unam.mx

El abrigo seco de Santa Marta, en la Depresión Central de Chiapas, es un sitio de gran interés arqueológico debido a que presenta una secuencia de sedimentos bien preservada con evidencia de haber sido ocupada por los primeros pobladores de los trópicos de América, hace unos 12,000 años antes del presente. A partir de las excavaciones extensivas realizadas bajo la dirección del Dr. Guillermo Acosta Ochoa, se obtuvieron 16 muestras de restos vegetales carbonizados que fueron datadas por 14C para las que se tiene además información arqueológica detallada. Los análisis se realizaron tanto por Espectrometría de Centelleo Líquido (ECL) en el Laboratorio Universitario de Radiocarbono - LUR del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) en la UNAM, como por Espectrometría de Masas con Acelerador (AMS) en Beta Analytic. A partir de los datos cronométricos y la información arqueológica detallada se diseñó un modelo Edad-Profundidad ordenando las muestras estratigráficamente y se calibró aplicando estadística Bayesiana con la versión en línea del programa OxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al., 2013). Las edades calibradas con el modelo resultaron en intervalos más acotados respecto a los intervalos calibrados de manera individual, además de hacer posible la estimación de edades para profundidades en las que no se tienen muestras datadas. Uno de los aspectos importantes de la cronología obtenida para la cueva de Santa Marta es que las ocupaciones más tempranas (capas XVII y XVI) tienen edades de 12,563 – 12,116 cal BP (2#) y de 11,700 – 11,305 cal BP (2#), respectivamente, confirmando ocupaciones durante el Pleistoceno – Holoceno temprano, coincidiendo además con el periodo de alta sedimentación resultado de la intensa ocupación humana. El sitio de Santa Marta es un caso de estudio ejemplar en donde se pudo conjuntar la información arqueológica con las edades de 14C para obtener, mediante el uso de la estadística Bayesiana, edades calibradas más acotadas y lograr una cronología de alta resolución.

AR-12

## LOS ANTIGUOS CALIFORNOS Y SU PESCA EN LA ENSENADA DE MUERTOS

Meraz Miriam<sup>1</sup>, González Barba Gerardo<sup>1</sup>, Guzmán Camacho Fabiola<sup>2</sup> y Rosales López Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH, Baja California Sur miriam.meraz.m@gmail.com

En la Península de Baja California, existe poco conocimiento sobre el uso que tenían los recursos animales entre los antiguos pobladores, los cuales habitaron la región desde finales del Pleistoceno superior y hasta el contacto español en la península. Derivado de las investigaciones arqueológicas se sabe que en la región del Cabo (al sur de la península) existen más de 400 sitios arqueológicos, en su mayoría campamentos al aire libre, correspondientes a la categoría IV, conocidos como Concheros. La mayoría de estos sitios contienen dobles exequias y restos de fauna marina y terrestre. En la Ensenada de Muertos en Baja California Sur, la reconstrucción de la economía pesquera de los antiguos pobladores ha sido un aspecto escasamente trabajado, el sitio ofrece la posibilidad de estudiar tanto la interacción del hombre en el pasado con el recurso pesquero, como cuestiones paleoambientales. El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de la pesquería de los antiguos pobladores de la Ensenada de Muertos a través del uso de la arqueozoología. El material obtenido en las excavaciones realizadas durante el 2003, está siendo limpiado y consolidado para poder realizar eficientemente la identificación por comparación de los restos ícticos, para ello, se han utilizado la Colección Osteológica de Peces del Museo de Historia Natural (MHN) de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y la Colección Osteológica de Referencia del Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano" de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Las piezas identificadas del pozo II del sitio 34C, corresponden a elementos del cráneo, espinas y vértebras diagnósticas. Los grupos encontrados en el pozo pertenecen a las familias: Carcharhinidae, Muraenidae, Serranidae, Lutjanidae, Labridae, Scaridae, Balistidae, Diodontidae, Carangidae, Acanthuridae, Scombridae y Haemulidae. De cada pieza se tomaron medidas para posteriormente hacer estimación de tallas de los ejemplares, inferir sobre las faenas de pesca y el aprovechamiento del recurso.

AR-13

## NEW PERSPECTIVES IN THE IDENTIFICATION OF WOODY PLANT DERIVED ASH IN ARCHAEOLOGICAL CONTEXT BASED ON MULTIPLE TAXA

Martinez Dyrzo Haydar<sup>1</sup>, Miller Christopher E.<sup>2</sup> y Mentzer Susan M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Evolution and Ecology Research School Tübingen, Eberhard Karls Universität Tübingen

<sup>2</sup>Institute for Archaeological Sciences, Eberhard Karls Universität Tübingen

<sup>3</sup>Tübingen Senckenberg Center for Human Evolution and Paleoecology, Eberhard Karls Universität Tübingen lgxhbm@nottingham.ac.uk

Research on woody plant-derived ashes (WPDA) in archaeology is driven now not only by questions concerning the identification of hearths and the consequent spatial analysis of associated occupations, mainly in Palaeolithic and Neolithic ages, but to determine what fuels and temperatures were used, and how the burned features were impacted by post-depositional processes. WPDA are identified mainly using soil micromorphology, under the assumption that they have a rhombohedral shape since they would be the pseudomorphs of the raphides contained in woody plants. In addition, the recognition of WPDA in some context, (like a cave in karst environments) represents a challenge since WPDA are composed mainly by calcite. The use of colour, isotopic composition and mineral identification using FTIR has been proposed as parallel complementary techniques to the use of micromorphology, especially in an ambiguous context. Here we present a meticulous study of the micromorphology, colour, isotopic composition and mineral composition of WPDA obtained in; 1) controlled conditions from different organs from sixteen taxa from different locations around the planet as raw material at four different temperatures; and 2) natural conditions in campfires classified according to the taxon used as raw material. Our results show that the micromorphology of WPDA is more varied than the classic rhombohedral shape. Analyses show that the colour does not correlate to the temperature or the taxon used as raw material. The mineral composition shows that WPDA are always composed by amorphous phosphates, calcite, and fairchildite, but in different proportion according to the organ or taxon used as raw material. The ubiquitous presence of fairchildite makes the analysis of the isotopic composition of WPDA an unreliable method for identifying WPDA (and subsequently the raw materials), due to the isotopic fractionation during the decomposition into calcite suffered in the surface of fairchildite. Paradoxically, the presence of fairchildite is the best footprint for determining the presence of WPDA, since this mineral can be produced only during a fire event on the Earth surface. Finally, a set of WPDA collected in different archaeological sites were compared in order to observe the affordability of the use of colour, isotopic composition and fairchildite presence as methods for distinguishing WPDA.

AR-14

## CARACTERIZACIÓN DE LOS PEDOSSEDIMENTOS ASOCIADOS A YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS DEL MIDDLE STONE AGE (MSA) EN GUINEA ECUATORIAL

Cruz-y-Cruz Tamara<sup>1</sup>, Terrazas Mata Alejandro<sup>2</sup>, Sedov Sergey<sup>3</sup>, González Hernández Galia<sup>4</sup>, Beramendi Oroscó Laura Eugenia<sup>5</sup> y Solís Rosales Corina<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>4</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>5</sup>Instituto de Física, UNAM

tamczyc@yahoo.com.mx

En Guinea Ecuatorial, se han localizado artefactos arqueológicos del Middle Stone Age (MSA) que evidencian la presencia de Homo sapiens durante el Pleistoceno, contrario a lo que hasta ahora se ha considerado en los modelos de dispersión de los humanos modernos, a partir de su surgimiento en África del Este, Sur y Norte, hace al menos 300,000 años, que plantean la colonización de ambientes tropicales a inicios del Holoceno. Por ello, para documentar el inicio de la colonización de las selvas tropicales de África Central y las posibles adaptaciones y estrategias de subsistencia que los grupos de cazadores-recolectores implementaron para sobrevivir en este entorno, en 2016 se implementó el proyecto "Poblamiento temprano de Homo sapiens en la selva tropical de Guinea Ecuatorial". Para resolver esta problemática, se requirió realizar una evaluación de los cambios ambientales, para la cual se analizaron muestras de secuencias pedo-sedimentarias de dos perfiles en los cuales se recuperaron artefactos del MSA. El primero de ellos se localizó en Ebián, compuesto por materiales redepósitos y suelo moderno, de donde se recuperaron materiales arqueológicos en superficie y excavación. El segundo perfil se describió en el yacimiento arqueológico de Mabewele I, en este caso, los artefactos del MSA se localizaron en la base del perfil, a aproximadamente 2.2 m de profundidad. Los materiales recuperados son artefactos diagnósticos de las tradiciones líticas Sangoan y Lupemban. Los pedosedimentos se caracterizaron física y químicamente, analizando sus propiedades de: textura, susceptibilidad magnética, carbono orgánico total (COT), fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de Rayos X (DRX), contenido de hierro (Fed) y micromorfología. También se realizaron algunas dataciones y la caracterización isotópica de la materia orgánica (#13C.) Los resultados de estos análisis permiten considerar que el yacimiento de Mabewele se formó en el Pleistoceno tardío, pues un estrato sobreyacente al nivel de los artefactos fue datado por AMS entre 12572 – 12244 Cal AP, por lo que el yacimiento es más antiguo. Las propiedades físicas y químicas y la composición isotópica de los pedosedimentos de Mabewele y del suelo moderno en Ebián muestran que las condiciones ambientales no han sufrido modificaciones sustanciales, lo que permite decir que los grupos humanos habitaron la selva tropical durante el Pleistoceno, muy probablemente antes de su arribo a Europa. Los resultados obtenidos a la fecha muestran las posibilidades de profundizar en los procesos de dispersión de Homo sapiens en ambientes hasta ahora poco explorados, lo que es relevante para futuras investigaciones.

AR-15

## INTERPRETACIÓN DEL REGISTRO PALINOLÓGICO RECUPERADO DE UNA CHINAMPA ARQUEOLÓGICA EN SAN GREGORIO ATLAPULCO, XOCHIMILCO

Rosales Torres Sara<sup>1</sup>, Beramendi Oroscó Laura Eugenia<sup>1</sup>,

McClung Heumann Emily<sup>2</sup> y Acosta Ochoa Guillermo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Departamento de Ciencias Ambientales y del Suelo, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
rosalestorresara@gmail.com

Al sur de la Cuenca de México dentro de la delegación Xochimilco están los ejidos de San Gregorio Atlapulco donde se encuentra el sitio arqueológico denominado como El Japón, lugar que preserva un conjunto de chinampas arqueológicas presumiblemente del Posclásico que rodean un antiguo islote (tlatel). En esta zona se recuperó sedimento de ellas para análisis palinológico con el fin de contribuir al conocimiento de su elaboración y la producción agrícola que tuvo este importante sistema. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del análisis de la chinampa arqueológica denominada como SGAX-CH02 y su canal adherido. La metodología para la extracción de palinómorfs consistió en someter la muestra al ataque de ácidos fuertes para la eliminación de carbonatos y silicatos, así como de una base fuerte para la eliminación de materia orgánica. Las arcillas se eliminaron utilizando un defloculante y el material palinológico se recuperó usando un líquido denso. Los conjuntos palinológicos recuperados tanto de la chinampa como de su canal estuvieron dominados por polen de Pinus sp., Amaranthaceae, Cyperaceae y Typha sp. De acuerdo con las palinozonas obtenidas del análisis CONISS (Análisis clúster por el método de incrementación de suma de cuadrados constreñido) se determinó que las capas I-V corresponden a la chinampa. Las capas VII y VIII probablemente fueron sedimentos acarreados de otra zona para incrementar su altura y las capas IX y X corresponden a la base del islote donde se construyó. A partir de los elementos florísticos observados en los conjuntos se infiere que los probables tipos de vegetación que existían cuando se construyó la chinampa al sur de la Cuenca de México son bosque de Abies (escasamente representado), bosque

de Pino mixto (Pinus sp., Quercus sp., Alnus sp.), Tular (Cyperaceae y Typha sp.), vegetación halófila (Poaceae, Amaranthaceae y Suaeda sp.) y vegetación acuática flotante y sumergida (Azolla sp., Ceratophyllum sp., Lemna sp., Myriophyllum sp. y Potamogetón sp.) Se observó en abundancia polen de Amaranthaceae que sugiere que durante el Posclásico en la chinampa se cultivaban amarantáceas y también romeritos (Suaeda sp.), no descartando que la chinampa pudo haber funcionado como almacigo de otros importantes cultivos.

AR-16

## MAGDALA, ISRAEL EN EL SIGLO PRIMERO D.N.E.: UNA VISIÓN DESDE LA PALEOETNOBOTÁNICA

McClung Heumann Emily<sup>1</sup>, Martínez-Yrizar Diana<sup>1</sup>, Adriano-Morán Carmen Cristina<sup>1</sup>, Ibarra-Morales Emilio<sup>2</sup>, Zapata-Meza Marcela<sup>3</sup> y Garza-DíazBarriga Andrea<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Anahuac

emily.mcclungtapia@gmail.com

La ciudad de Magdala, situada a la orilla del Lago Kinneret (Mar de Galilea) en Israel, fue excavada parcialmente por un equipo de la Universidad Anahuac/UNAM. Un enfoque interdisciplinario, desarrollado entre los arqueólogos y otros especialistas proporciona un marco metodológico que permite explorar los usos de los diferentes espacios que conformaban la ciudad: sectores rituales, áreas habitacionales y comerciales, el mercado y las calles. Dentro de este marco, el análisis de restos macro y microbotánicos recuperados de sedimentos procedentes de las excavaciones contribuye al estudio de la vida cotidiana de los habitantes del sitio. El objetivo de este trabajo es presentar la evidencia paleoetnobotánica para el uso de plantas económicamente importantes, así como para caracterizar la flora local correspondiente a la ocupación del primer siglo d.n.e. Los resultados muestran la presencia, en varios contextos, de plantas alimenticias tradicionales como dátiles, uva, higo y olivos, además de árboles con importancia económica como palmas y ciprés. Los datos ofrecen una visión de diversas actividades incluyendo aspectos de las técnicas de construcción, preparación y consumo de alimentos y prácticas religiosas, entre otras.

AR-17

## PROCESOS PEDOGENÉTICOS EN SUELOS CON PROPIEDADES VERTICAS EN SUELOS CON OCUPACIÓN PRE-HISPÁNICA Y COLONIAL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Vargas Rodríguez Daniela Fernanda<sup>1</sup>, Solleiro Rebolledo Elizabeth<sup>2</sup>, Beltrán Paz Ofelia Ivette<sup>2</sup>, Sedov Sergey<sup>3</sup>, Chávez Vergara Bruno Manuel<sup>4</sup> y Darras Veronique<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, PCT, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>4</sup>Centre National de la Recherche Scientifique  
dafervaro@ciencias.unam.mx

La formación de Vertisoles es resultado de una gran variedad de procesos que operan simultáneamente. Su génesis ocurre sobre materiales parentales de naturaleza básica y en diversas zonas climáticas, pero principalmente se encuentran en los trópicos y subtropicos. En cuanto al tiempo de desarrollo, se considera que la formación de Vertisoles es rápida (~ 550 años) requiriéndose al menos 100 años para el desarrollo de una de sus principales características, los slickensides. En México, los Vertisoles son suelos frecuentes en el paisaje y es común encontrarlos asociados con sitios arqueológicos. El objetivo de este trabajo es caracterizar y comparar el grado de desarrollo de Vertisoles o suelos con propiedades verticas, a partir de análisis físicos, químicos y micromorfológicos, realizados en perfiles vinculados a etapas de ocupación humana durante el Preclásico, Clásico, Epiclásico y la época Colonia. Dada esta relación temporal específica, se busca tener cronómetros del grado de desarrollo de los suelos en dichos sitios, de manera que puedan ser usados por los arqueólogos para entender las superficies de ocupación y abandono.

AR-18

## UTILIZACIÓN DEL RECURSO PEDOLÓGICO PARA CREAR BIENES CULTURALES POR PARTE DE LOS POBLADORES PREHISPÁNICOS DE SAN LUIS TLATILCO, NAUCALPAN, ESTADO DE MÉXICO

Cruz-y-Cruz Tamara<sup>1</sup>, Hernández Cardona Arnaldo<sup>2</sup>, Alva Valdívila Luis Manuel<sup>3</sup>, Pérez García Héctor<sup>4</sup>, Galván Regalado Justino<sup>4</sup> y Rodríguez Trejo Alejandro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

tamczyc@yahoo.com.mx

Los suelos constituyen uno de los recursos naturales más aprovechados por el hombre desde épocas tempranas. En Mesoamérica, además de para la explotación

agrícola, se utilizaron ampliamente para la creación de bienes culturales, como la cerámica y materiales de construcción. En este trabajo, se exponen los resultados preliminares de la caracterización de materiales cerámicos provenientes del sitio arqueológico de Tlatilco, Estado de México, que se desarrolló del Preclásico inferior al medio (1300 - 900 a.C.) así como de los suelos asociados al yacimiento arqueológico, para evaluar la posible utilización de materiales pedológicos locales en la producción alfarera. Como parte de la investigación, se caracterizaron las propiedades físicas, químicas y micromorfológicas de los suelos; mientras que de los materiales cerámicos se evaluaron las propiedades micromorfológicas y la mineralogía magnética. Los resultados preliminares permitirán elaborar un diagnóstico sobre el aprovechamiento del recurso pedológico para la producción de cerámica.

AR-19

## INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍAS GEOFÍSICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA FORTALEZA KUELAP

Sánchez Nilsson Mori  
Terrasolutions Perú E.I.R.L., Investigación  
nilsson.mori2013@gmail.com

Kuelap es un importante sitio arqueológico preinca perteneciente a la cultura Chachapoyas (1000 a 1400 años d.C.), la fortaleza se encuentra ubicada en los andes nororientales del Perú. Está conformada por una muralla de calizas de hasta 19m de altura y una extensión de 600m de largo, dentro de la muralla se evidencian restos de 505 viviendas de forma circular con diferentes acabados y grados de conservación, un gran porcentaje de la fortaleza aun no fue estudiada a detalle mediante métodos no invasivos, evidenciando una necesidad de dar conocer y enriquecer la información sobre la fortaleza Kuelap haciendo uso de técnicas de prospección modernas. En el 2019 se inició el Proyecto de investigación a fin de determinar mediante técnicas geofísicas el estado actual de la fortaleza, así como detectar anomalías tanto en la cimentación como en las estructuras antrópicas esté presente trabajo estuvo a cargo de la consultora Terrasolutions Perú con fondos propios en pro de la investigación, aplicando técnicas geofísicas de georadar, estudios eléctricos, métodos sísmicos, microtrepidaciones, orto fotos con dron y geología local a detalle. La conferencia tiene la finalidad de mostrar los primeros resultados obtenidos.

AR-20

## AVANCES DEL PROYECTO INTERDISCIPLINARIO PARA EL ESTUDIO DE UN NUEVO BARRIO EN TEOTIHUACAN

Ortiz Agustín<sup>1</sup>, Barba Luis<sup>1</sup>, Blancas Vázquez Jorge<sup>1</sup>, Pecci Alessandra<sup>2</sup> y Moragas Natalia<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, IIA, UNAM  
<sup>2</sup>Universidad de Barcelona  
ortizbutron@gmail.com

Todo parece indicar que la antigua ciudad de Teotihuacan estuvo organizada en grandes barrios y que durante las fases Tlamimilolpa (150-350 d.C.) y Xolalpan (350-550 d.C.) (Nichols 2016), la ciudad funcionó como una confederación de barrios, cada uno con un centro de coordinación o centro de barrio principal (Manzanilla, 2009, 2012:20). Nuestra hipótesis de trabajo es que los centros de barrio podrían ser equidistantes uno del otro de manera ortogonal, teniendo a La Ciudadela y al Gran Conjunto como centro del modelo. Al NW el centro de barrio de Tetitla, al SW La Ventilla, al SE Teopanaczo y al NE queda una zona que no había sido estudiada y se ha propuesto de manera preliminar que en dicho sector (N2E2/N2E1) pudo estar el cuarto centro de barrio (Ortiz, 2015). En el 2018 se inició el "Proyecto interdisciplinario para la localización de un nuevo centro de barrio en Teotihuacan (México)" codirigido por el Dr. Luis Barba y el Dr. Agustín Ortiz del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM y la Dra. Alessandra Pecci y la Dra. Natalia Moragas de la Universidad de Barcelona en el sector N2E2, aplicando técnicas de prospección geofísica (georadar, estudios eléctricos y magnéticos), topografía, foto aérea con dron, el estudio de residuos químicos en superficie y el registro de los materiales arqueológicos y su distribución espacial para identificar estructuras e indicadores de actividad, comparándola con la propuesta de Millon (1973) y plantear hipótesis sobre la presencia de áreas habitacionales, talleres, templos, plazas, etc., en suma, la conformación de un barrio. Durante el mes de marzo de 2019 se ha realizado la segunda temporada del proyecto en el sector N2E1. El cartel presenta un ejemplo de la aplicación de las diferentes técnicas de estudio en varias áreas de los sectores N2E1 y N2E2 investigadas hasta el momento. El proyecto está financiado con fondos de la Fundación Palarq (2018 y 2019) y del Ministerio de Cultura y Deporte de España (ayudas a proyectos arqueológicos en el exterior 2018) y es parte de las actividades del Laboratorio de Prospección Arqueológica de la UNAM, del ERAAUB (2017 SGR 1043), del CINAF (2009 SGR 1078) de la Universitat de Barcelona y del contrato RyC 2013- 13369 (MINECO).

AR-21 PLÁTICA INVITADA

## ARQUEOLOGÍA MARÍTIMA Y GEOFÍSICA MARINA: LA ARQUEOMETRÍA ALREDEDOR DE LA GUERRA DE INTERVENCIÓN Y EL NAUFRAGIO DEL USS SOMERS DE 1846

Herrera Jorge  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
sanjorgeyeldragon@unam.mx

El Proyecto Arqueología Marítima de la Guerra de Intervención (1846-1848) del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM busca explicar diversos procesos vividos durante esta guerra (capital en la historia tanto de México como de Estados Unidos), particularmente en lo relativo a la influencia de la tecnología y estrategias marítimas de las dos naciones en conflicto. A través de investigación arqueológica, geofísica, histórica, del paisaje y de ciencias navales, el proyecto estudia la participación e influencia en la guerra del bergantín USS Somers, hundido en aguas veracruzanas en medio de maniobras bélicas. Igualmente, se busca identificar las condiciones de las escuadras de ambos países en conflicto tanto durante el bloqueo al puerto de Veracruz como en los ataques a diferentes puertos mexicanos. Se busca generar explicaciones acerca de operaciones náuticas específicas (desplazamiento, bloqueo, asedio, desembarco, persecución, capturas y pérdidas de embarcaciones) y de sus consecuencias, para lo cual el estudio del Somers resulta fundamental. En agosto de 2018, a bordo del Buque Oceanográfico Justo Sierra, de la UNAM, se llevó a cabo una prospección geofísica y arqueológica del naufragio del Somers. Se realizaron trabajos con equipos multihaz, perfilador del lecho marino y sonar de barrido lateral. Igualmente, se generó una fotografía de muy alta resolución y un modelo digital 3D de los restos del Somers. Lo anterior nos ha permitido avanzar significativamente en la comprensión del sitio arqueológico de este naufragio, lo cual tiene el objetivo superior de determinar las características de maniobrabilidad de este navío y las causas de su pérdida, para con ellas incrementar y afinar la comprensión de las tácticas y tecnologías náuticas de invasión empleadas por la flota estadounidense, así como penetrar en las características formales de la revolución de tecnología náutica que se daba a mediados del siglo XIX. Se presentan los retos técnicos y prácticos implícitos en la prospección geofísica de este naufragio, así como algunos de los principales resultados obtenidos. También se comentará la utilidad de dichos resultados en la interpretación arqueológica de la tecnología náutica del siglo XIX dentro de un conflicto bélico a gran escala.

AR-22

## EXPLORACIÓN GEOFÍSICA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO XOCHITECATL PARA LA UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS SUBTERRÁNEAS

Salinas Ruiz Andrew Misael<sup>1</sup>, Serrano Jose<sup>2</sup> y Gómez García Yajaira<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>BUAP  
<sup>3</sup>INAH  
andrsalinas@outlook.com

Salinas Ruiz Andrew Misael<sup>1</sup> (1° autor); M.C. Serrano Ortiz José<sup>2</sup> (2° autor); Arqueóloga Gómez García Yajaira<sup>3</sup> (3° autor) andrsalinas@outlook.com  
RESUMEN: En la zona Arqueológica Cacaxtla-Xochitecatl ubicada en el municipio de Nativitas perteneciente al estado de Tlaxcala, se encuentran vestigios de posibles estructuras subterráneas en la parte de Xochitecatl, pero nunca se han realizado estudios específicos para la ubicación de estos. Por lo que, en esta investigación se realizaron los estudios geofísicos de tomografía eléctrica y magnetometría para la ubicación de estructuras subterráneas, particularmente en la Pirámide de las Flores, así como su zona trasera donde existen la presencia de cuevas con una dirección desconocida. La prospección magnética nos ayudara a caracterizar el subsuelo de las zonas mencionadas, en el cual, se aplicaron las correcciones y filtros correspondientes, resaltando las anomalías someras con el filtro de primera derivada, donde podremos observar las posibles estructuras con una profundidad en relación al sitio arqueológico. Para lograr una mejor caracterización, se realizaron 6 tomografías eléctricas con un arreglo Wenner-Schulemberger: dos en la parte trasera de la Pirámide de las Flores y 4 en cada lateral de la pirámide, cada una con un objetivo específico y así lograr la correlación de las dos prospecciones geofísicas. Dando como resultado una posible interconexión de cuevas en los lados este, oeste y sur (con vista hacia los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl). En la región "este", también se presume el hallazgo de una estructura de material basáltico con una posible asociación a una nueva etapa constructiva. En la parte trasera de Xochitecatl, se ubica una la entrada de una cueva, con lo cual, la realización de estudios de tomografía y magnetometría ubicaron 3 posibles caminos que pueda tomar hacia la parte "este" de la Pirámide de las Flores. Siendo la región "este", un lugar posible de una de las interconexiones subterráneas de Xochitecatl. Palabras clave: Xochitecatl, arqueología, geofísica, tomografía, magnetometría. Sesión: Arqueometría Participante: Andrew Misael Salinas Ruiz-Estudiente de la carrera Ing. en Geofísica Correo: andrsalinas@outlook.com Trabajo en conjunto de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con el Instituto Nacional de Antropología e Historia Tlaxcala a cargo del estudiante Andrew Salinas.

AR-23

## ESTUDIOS GEOFÍSICOS BAJO LA COMUNA DE PENCO, PROVINCIA DE CONCEPCIÓN, REGIÓN DE BIOBÍO, CHILE

Blancas Vázquez Jorge<sup>1</sup>, Barba Luis<sup>2</sup>, Ortiz Agustín<sup>2</sup> y Bustos Gonzalo<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, IGF-IIA UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM  
<sup>3</sup>Ilustre Municipalidad de Penco, Provincia de Concepción, Región de Biobío, Chile  
 jorgeblancas@unam.mx

Penco la ciudad seis veces destruida: las dos primeras en 1554 y 1555, fue quemada y saqueada por Lautaro, un líder de la resistencia Mapuche durante la invasión española. Las cuatro siguientes por fuertes terremotos y tsunamis en los años de 1570, 1657, 1730 y 1751 obligaron a reconstruir varias veces la ciudad, hasta que el último, el terremoto más destructivo de todos (8.5 o Richter), con epicentro en las costas de Penco, destruyó La Catedral, el Palacio del Gobernador, las Iglesias de San Agustín, San Francisco, San Juan de Dios, Santo Domingo y de la Merced. La Iglesia de la Compañía de Jesús fue afectada en su convento y seminario. Catorce años después, en 1765, Penco es abandonado y la ciudad es trasladada a Concepción. Hoy, 268 años después de aquella catástrofe, la ciudad actual de Penco se plantea el estudio con tecnología moderna mediante el georradar, de parte de la ciudad destruida en el siglo XVIII particularmente en tres zonas principales: el área Franciscana, el área Jesuita (con la Universidad Penco-politana), y el Palacio del Gobernador. El objetivo principal del estudio fue reconocer los restos sepultados de la etapa colonial del asentamiento en Penco. Un objetivo secundario fue la localización de la posible zona para el enterramiento de los primeros gobernadores de la provincia ubicados dentro del atrio de la iglesia Franciscana. Los terremotos y tsunamis que afectaron a la población desde su fundación derrumbaron la mayor parte de las estructuras, las cuales fueron sucesivamente reconstruidas. Sin embargo, tras la última destrucción del siglo XVIII y con el traslado de la ciudad a Concepción, la ciudad antigua fue abandonada y las construcciones paulatinamente cubiertas por la ciudad actual. En la mayoría de las zonas estudiadas se localizaron los restos de lo que parecen ser estructuras arquitectónicas derrumbadas durante el terremoto que destruyó la ciudad en 1765, y sus restos fueron reconocibles por medio de técnicas electromagnéticas. Por otra parte, aunque se trata de un estudio preliminar, la información obtenida sugiere la existencia de elementos de interés cultural bajo los predios y las calles de la actual ciudad de Penco. Los resultados de la prospección geofísica en este tipo contextos revelaron que se pueden localizar los restos de estructuras antiguas, particularmente de la época colonial, en contextos urbanos y en lugares donde la ciudad actual ha quedado encima de los restos de la ciudad antigua.

AR-24

## APLICACIÓN DE RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE A ESTRUCTURAS SOMERAS EN EL ATRIO DEL ANTIGUO COLEGIO JESUITA EN PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Salguero David<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup> y Domínguez Ramírez Luis Antonio<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM, IGEF-UNAM  
<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, ENES Morelia  
 dso\_salguero@hotmail.com

El propósito de este estudio es la localización de posibles restos arqueológicos en el atrio del Antiguo Colegio Jesuita en Pátzcuaro, Michoacán. Anteriormente, cuando se realizaban actividades de cambio de tuberías en el Antiguo Colegio Jesuita se encontraron restos humanos. Al lado sur de la explanada del Antiguo Colegio Jesuita se encuentra el llamado Templo de la Compañía, por lo que es de suponer que este sitio fue utilizado como un cementerio por los pobladores de Pátzcuaro en diversos momentos históricos. Aplicando el método de prospección geofísica de Radar de Penetración Terrestre se realizará el análisis de la señal de GPR. Adicionalmente a este trabajo se realizó el método de tomografía de resistividad eléctrica en 2D y 3D, el cual se desarrolló de manera simultánea. Para el método de GPR, se utilizaron dos equipos de radar de penetración uno de la marca MALA, con una antena de 250 MHz, y un GSSN con antena a 400 MHz. El estudio implementó una malla con se 56 líneas de GPR, de las cuales 53 tienen dirección N-S y 3 con dirección E-O. Resultados preliminares obtenidos con radargramas indican un alcance en penetración que oscila entre los 1 y 2 metros de profundidad. Se muestran estructuras las cuales pueden atribuirse a: tuberías previamente conocidas, relleno de construcción y algunas otras que son de interés arqueológico.

AR-25 CARTEL

## RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL EN EL VALLE BUSILJÁ, CHIAPAS, BASADO EN EL REGISTRO PALEOPEDOLÓGICO Y DE OCUPACIÓN HUMANA PRE-HISPÁNICA

Guillén Domínguez Karla Andrea<sup>1</sup>, Solleiro Rebolledo Elizabeth<sup>1</sup>, Sedov Sergey<sup>1</sup> y Golden Charles<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, UNAM, IGL  
<sup>2</sup>Brandeis University, Department of Anthropology  
 karli19@ciencias.unam.mx

El estudio de los suelos y paleosuelos, asociados a contextos arqueológicos, resulta de gran utilidad cuando se quiere conocer las condiciones ambientales, ocupación, o evolución del sitio arqueológico. Esto se debe a que el suelo puede registrar las características físicas y químicas, del ambiente en el que se forma. Lo cual se conoce como "memoria del suelo", y puede ser utilizada para realizar reconstrucciones paleoambientes, si se cuenta con un amplio registro paleopedológico. Un paisaje kárstico se caracteriza por una amplia gama de depresiones superficiales cerradas, un buen sistema de drenaje subterráneo y escasez de corrientes superficiales, desarrollados sobre rocas calcáreas. Esta geomorfología, promueve la remoción de la cubierta edáfica superficial, rellenando las depresiones kársticas con pedosedimentos. En este trabajo se considera el estudio de suelos, paleosuelos y pedosedimentos, con el objetivo de documentar los cambios paleoambientales del Valle Budsiljá, Chiapas, México. La metodología empleada consiste en trabajo de campo en la zona de karst de montaña, en donde además se han localizado asentamientos pre-hispánicos. Los resultados preliminares demuestran que las actividades humanas en la región han tenido un impacto en los fenómenos erosivos en el sistema kárstico, de manera que influyen en la degradación de los suelos, lo cual, a su vez, incide en las condiciones paleoambientales locales.

AR-26 CARTEL

## REGISTRO Y PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO EN EL CERRO GUERRERO, PARQUE NACIONAL DEL TEPEYAC

Jiménez González Rocío Berenice<sup>1</sup>, Araiza Guitierrez Alfonso<sup>2</sup>, Jiménez Delgado Gerardo<sup>3</sup>, López Mejía Javier<sup>3</sup>, Acosta Ochoa Guillermo<sup>3</sup> y García Gómez Víctor Hugo<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH  
<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia  
<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM  
<sup>4</sup>Posgrado en Antropología, UNAM  
 rberenicjimenez@gmail.com

En este estudio se expone un flujo de trabajo empleando un sistema automatizado de registro por fotografía aérea, mapas topográficos con GPS diferencial y vehículos aéreos no tripulados (VANT, dron), los cuales han proporcionado información sobre los múltiples vestigios arqueológicos que se encuentran en el Cerro "Guerrero" en la alcaldía Gustavo A. Madero, en la Ciudad de México. Igualmente se expone una metodología integral aplicada a un conjunto de petrograbados enclavados en el mismo cerro, en la que intervienen la fotogrametría mediante un dron en el área donde se localizan los vestigios, la fotogrametría a nivel de panel, la microscopía digital y el análisis composicional mediante fluorescencia de Rayos X (XRF). Lo anterior, ofrece un ejemplo de cómo la aplicación de la tecnología puede contribuir para obtener información valiosa sobre la presencia de vestigios arqueológicos de manera no destructiva y atendiendo los criterios de protección y registro del patrimonio arqueológico.

AR-27 CARTEL

## APLICACIÓN DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 3D A ESTRUCTURAS SOMERAS EN EL ATRIO DEL ANTIGUO COLEGIO JESUITA EN PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Pérez Ávila Carmen Adriana<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup> y Domínguez Ramírez Luis Antonio<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM, IGEF-UNAM  
<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM  
 carmenperez0904@hotmail.com

La explanada de la Centro Cultural del Antiguo Colegio Jesuita es un sitio de relevancia histórica para el estado de Michoacán, particularmente para la Ciudad de Pátzcuaro, debido a que existe un registro histórico de asentamientos humanos de más de 500 años. Es de suma importancia la realización de estudios que permitan conocer mejor los posibles sitios que pudieran contener restos arqueológicos importantes. En particular, en años pasados se hicieron excavaciones de mantenimiento del sistema hidráulico en la explanada y se encontró un conjunto de vestigios arqueológicos, entre los cuales se identificaron restos con ofrendas funerarias. El objetivo de este trabajo es la localización de posibles vestigios arqueológicos en la explanada del Antiguo Colegio Jesuita. Las cuales, tienen un

valor histórico significativo para entender los procesos históricos que han ocurrido en este lugar, además de ofrecer una guía para futuros proyectos arqueológicos de excavación. El estudio se llevó a cabo mediante la aplicación de un método de prospección geofísica conocido como Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) en 3D. Este método consiste en analizar las variaciones en las propiedades eléctricas del subsuelo, con el objetivo de identificar sitios cuya resistividad eléctrica sea significativamente mayor o menor a la resistividad de fondo. Los resultados obtenidos por la metodología y la inversión de los datos de 1 a 2 metros de profundidad, muestran la existencia de un patrón de anomalías de resistividad eléctrica que podrían atribuirse a la existencia de restos arqueológicos, además de confirmar la presencia de la tubería.

Sesión regular

# **CIENCIAS DEL SUELO**

Organizadores:  
Daniel Peralta  
Ligia Pérez-Cruz

## CS-1 CARTEL

### LA COBERTURA VEGETAL MEJORA LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO

Cadengo-López Luis E.<sup>1</sup>, Lira-Peralta María G.<sup>2</sup>, González-Cervantes Norma<sup>3</sup>, Beraud-Macias Vianney<sup>4</sup> y Floriano-González Xóchitl A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en ingeniería civil con vertiente en ambiental, Universidad Autónoma de Aguascalientes

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Aguascalientes

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Aguascalientes

<sup>5</sup>Licenciatura en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Aguascalientes  
lcadengolopez@gmail.com

El ecosistema en zonas áridas y semiáridas es fácil de perturbar, ya sea por eventos naturales (precipitación, crecimiento de vegetación, actividad animal), o por eventos antropogénicos (construcciones de edificios, presas y bordos), resultando por lo general en desertificación, pérdida de fertilidad del suelo y cambios en la distribución de la vegetación. Por otro lado, por su acelerado crecimiento poblacional, las grandes ciudades están provocando la eliminación de la vegetación autóctona, y muchas veces reemplazándola con especies no nativas. Todo esto puede provocar, en mayor o menor grado una pérdida en la capacidad de retención del agua en el suelo, como consecuencia de la disminución de la cobertura vegetal, también se traduce a una reducción de la capacidad de infiltración debido al aumento en las tasas de escurrimiento. Tal es el caso de la ciudad de Aguascalientes y sus alrededores, que se encuentran en una crisis de escasez y sobre explotación de agua, lo cual ha llevado a la proyección de nuevas estrategias de recarga de aguas subterráneas, considerando que los acuíferos son la principal fuente para el abastecimiento local del vital líquido. El propósito de esta investigación es analizar la capacidad de infiltración de los suelos en función de la cobertura vegetal, en particular de las especies vegetales autóctonas. Para ello se tiene contemplados varias acciones, como la realización de un mapa de densidad de vegetación, la aplicación de pruebas de infiltración, la determinación de la porosidad y permeabilidad del suelo, entre otras. El estudio se está realizando en el Bosque de Cobos Parga, un Área Natural Protegida al sur de la ciudad Aguascalientes, así como en la Mezquitera, una zona dentro del campus de la Universidad Autónoma de Aguascalientes que destaca por la importante presencia de especies vegetales nativas. A la fecha, se trabaja en el mapa de densidad de vegetación del sitio recabando datos biofísicos a partir de la delimitación de parcelas, y la utilización del software QGIS, mientras que mediante un permeámetro de campo del tipo Pask se está determinando la capacidad de infiltración de los suelos en puntos localizados en función del centro de las parcelas caracterizadas. Se trabaja también en la recuperación de muestras de la zona para la caracterización física del suelo.

## CS-2 CARTEL

### ACTIVIDAD MICROBIANA EN LA RIZÓSFERA DE PASTO QUE CRECE EN JALES DE ZIMAPÁN, HIDALGO

Labastida Israel<sup>1</sup>, Matus Tania<sup>1</sup>, Álvarez Juan Carlos<sup>1</sup>, Sotelo Perla<sup>1</sup>, Beltrán Margarita<sup>1</sup> y Armenta Hernández María Aurora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, UAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica  
in@azc.uam.mx

Una de las actividades económicas primordiales para México es la minería. Los procesos de extracción de minerales se llevan a cabo en diferentes puntos del país, uno de ellos es la región minera de Zimapán, Hidalgo. El procesamiento de los minerales trae consigo la generación de residuos, que contienen elementos potencialmente tóxicos, los cuales son depositados en "embalses" denominados presas de jales, donde son expuestos al intemperismo y a su vez transportados de manera eólica y pluvial, lo que provoca afectaciones a los factores bióticos y abióticos del ecosistema. En este proyecto se evaluó el desarrollo de los microorganismos de la rizósfera de una mezcla de pastos que crece en jales mineros así como los posibles beneficios que éstos aportan al desarrollo de la planta, para que pueda ser utilizada como cobertura vegetal y tratar de disminuir el intemperismo y el transporte de los metales y metaloides tóxicos que contengan. Para la experimentación se utilizaron jales mineros colectados en Zimapán, los cuales fueron caracterizados fisicoquímicamente. También se realizaron pruebas de viabilidad y germinación de la mezcla de pasto que fue sembrada en rizotrones. El desarrollo de la mezcla se llevó a cabo en invernadero con el monitoreo de la temperatura y humedad, se analizaron en cuatro periodos de experimentación (7, 14, 21 y 28 días), con testigos de suelo no contaminado. Los rizotrones en cada periodo fueron tomados como muestras destructivas para determinar la generación de biomasa y crecimiento longitudinal. Se realizaron análisis microbiológicos para evaluar el crecimiento de bacterias anaerobias y hongos (identificación a nivel género) y determinar la presencia de las bacterias sulfato reductoras en la rizósfera. El crecimiento longitudinal de la raíz y parte aérea del pasto en el suelo testigo y en los jales se comportó de manera creciente en toda la experimentación, en cuanto a la generación de biomasa, la parte aérea resultó ser 4 veces menor respecto al testigo y 15 veces menor para la raíz. Las bacterias anaerobias lograron adaptarse y los hongos presentaron un crecimiento exponencial después de adaptarse al medio, se identificó que el hongo del género *Aspergillus* sp. fue el predominante, y se comprobó la presencia de las bacterias sulfato reductoras en la rizósfera de jales. Los resultados de este estudio no mostraron relación estadística entre la generación

de biomasa y el crecimiento de los microorganismos rizosféricos desarrollados en un medio con elementos potencialmente tóxicos; sin embargo, éstos modifican el medio, hacen disponibles nutrientes y estabilizan a los metales permitiendo que las plantas puedan desarrollarse, lo que favorece su posible uso como cubierta vegetal para disminuir la contaminación por estos residuos mineros.

## CS-3 CARTEL

### ANÁLISIS DEL MERCURIO EN SUELOS, AIRE Y LÍQUENES DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUE., COMO UN POSIBLE INDICADOR PARA UNA ZONA DE INTERÉS GEOTÉRMICO

Mújica Santillán Mariana Sofía<sup>1</sup>, Rodríguez Robles Karen Citlali<sup>1</sup>, Canet Miquel Carles<sup>2</sup>, García Alonso Donají<sup>3</sup>, Cambrón Rosas Jaziel Froylan<sup>3</sup>, Morton Bermea Ofelia<sup>3</sup> y Hernández Álvarez Elizabeth<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Atmosféricas

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica  
mariana.musa95@gmail.com

La caldera volcánica de Acoculco se encuentra en la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), entre los estados de Puebla e Hidalgo. El diámetro es ~18 Km y presenta manifestaciones hidrotermales como: ocurrencia de gases (CO# y H#S), manantiales fríos de aguas sulfatadas-ácidas, y minerales de alteración hidrotermal. La zona se ha estudiado con interés geotérmico desde la década de los 80. Estudios previos indican concentraciones anómalas de mercurio (Hg) en alteraciones hidrotermales que sobrepasan los valores de fondo (<90 ppb) característicos de la secuencia volcánica. Si bien la presencia de Hg no es frecuente en todos los entornos geotérmicos, es posible relacionarlo con la actividad geotérmica de Acoculco. Debido a los procesos biogeoquímicos que favorecen la concentración de Hg, es posible encontrarlo en una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, con diferentes estados de oxidación, como Hg elemental (Hg<sup>0</sup>) en fase líquida y gaseosa en la atmósfera, en vetas como sulfuro de mercurio y en zonas de alteración como especies metiladas que pueden ser absorbidas por la vegetación. Por sus propiedades geoquímicas, el Hg puede ser utilizado como un indicador geotérmico de la zona de Acoculco, gracias a su origen hidrotermal y debido a que se han encontrado anomalías en aire, líquenes y suelos. El objetivo principal de este trabajo es el análisis en estos tres compartimientos en la Caldera de Acoculco. La especiación del mercurio aún es poco conocida en cuanto a la biodisponibilidad y bioacumulación, por ello se cree que el análisis de este elemento en suelos, líquenes y aire dará una visión más completa de su comportamiento en la naturaleza y su origen. Algunos de los factores que controlan la precipitación de este elemento en el medio ambiente son el pH, temperatura y contenido de materia orgánica. Los medios ácidos tienden a favorecer la liberación de mercurio al suelo y por medio de la materia orgánica y arcillas es retenido en él. Para determinar las anomalías de Hg en aire se tomaron lecturas con un espectrómetro unielemental de Hg (Lumex). De los datos obtenidos, se tienen promedios de 5.463 ng/m<sup>3</sup> en verano y 7.077 ng/m<sup>3</sup> en otoño, siendo las concentraciones más altas 145.634 ng/m<sup>3</sup> (verano) y 670.132 ng/m<sup>3</sup> (otoño), relacionadas a minas de caolín y de arenas sílicas. En suelo se tomaron muestras de los primeros horizontes y se analizó por los métodos de Fluorescencia de Rayos X (FRX), Difracción de Rayos X (DRX) y espectrometría con un complemento del Lumex llamado Piroizador. Los resultados de pH, conductividad y relación carbono/nitrógeno (contenido de materia orgánica), se analizaron para relacionar las variables obtenidas por dichos métodos y exponerlos de manera gráfica.

## CS-4 CARTEL

### ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LÍNEAS SUBMARINAS Y PLATAFORMAS MARINAS

Castillo Cruz Zayra Guadalupe, Rodríguez Lehoc Fernando y García Cruz Lucía Del Carmen  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
zayragcc2896@hotmail.com

La localización de hidrocarburos en el mar, hoy en día, es fundamental para la economía mexicana, basada principalmente en la producción y venta de esta materia prima, la exploración y búsqueda de nuevas zonas que pudiera contener este recurso es una actividad continua y primordial, principalmente en el Golfo de México; esta actividad exploratoria, a su vez demanda estudios de carácter geofísico y geotécnico, tanto para la definición de rutas de las líneas submarinas como para seleccionar el sitio más óptimo de instalación de las estructuras de explotación. El diseño de infraestructura marina con fines de explotación y transporte de hidrocarburos, al igual que cualquier estructura terrestre, requiere de la caracterización geotécnica del subsuelo, donde quedará asentada su cimentación. En este caso, al tener el área de estudio bajo un tirante de agua, es de especial importancia la información de la geología somera y morfología del fondo marino. Los estudios geotécnicos, son sondeos que se realizan en puntos identificados como resultado de la exploración geofísica a lo largo de la ruta de estudio o en el área propuesta para la instalación de una plataforma marina fija. Las investigaciones geotécnicas se realizan con la finalidad de obtener información estratigráfica detallada en la zona de los sondeos, determinar sus propiedades mecánicas y dinámicas, así como también, conocer de forma más certera las condiciones de los suelos en el fondo marino a lo largo de los corredores para las líneas submarinas,

y en el caso de plataformas marinas, en el área donde quedara cimentada la estructura. Para poder hacer esta caracterización de suelo, se realizan cierto tipo de muestreos y pruebas en el sitio de exploración, que después se analizarán en laboratorio. Estos muestreos se llevan a cabo con la finalidad de recuperar muestras inalteradas del suelo, es decir, que el material que ha sido recuperado conserve las condiciones naturales de donde se extrajo; dichas pruebas son obtenidas con muestreadores con Tipo Benthos, Box Corer, tipo Shelby o SPT, el equipo a utilizar dependerá de las especificaciones de estudio. Una vez obtenidas dichas muestras, se efectuarán las pruebas pertinentes de laboratorio, con el fin de evaluar las propiedades índices de los suelos donde será la cimentación y para medir sus propiedades ingenieriles para la realización de un apropiado diseño. Las pruebas de laboratorio son llevadas a cabo en dos fases: (a) costa afuera, en el laboratorio de campo a bordo de la embarcación, mientras se realizaban las operaciones de perforación, y (b) en tierra, en un laboratorio especializado.

## CS-5 CARTEL

### IMPACTO EN EL SUELO POR EL CRECIMIENTO URBANO EN SALTILLO, COAH.

Escobar Sánchez Alejandra Rosario y Gallegos del Tejo Arturo  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, UAAAN  
alescobars@yahoo.com.mx

El impacto del suelo por el crecimiento urbano en México, se ubica en el desarrollo que se ejecuta en el suelo, predominante a partir del sector industrial y dejar de lado al ámbito agrícola. Promoviendo una migración que inicialmente fue rural-urbana y ahora es urbana-urbana a través de la creación de asentamientos humanos y la reducción de éste recurso natural. En esta etapa los agricultores se enfocaron a suministrar a los habitantes alimentos que se comercializaban a bajo costo, y no se tomó en consideración el potencial existente en éste suelo al producir alimentos y beneficios para la población. Ejemplo tenemos a la ciudad de Saltillo que experimentó un aumento poblacional condición que agudiza los problemas medio ambientales y promueve la demanda de los servicios al permitirse el cambio del uso de suelo, así como por las limitantes que les impiden a los agricultores cultivar. Situación que impulsa la reducción de éste recurso natural y los beneficios que proporciona al no considerar su potencial, y permitir el cambio del uso de suelo. Si consideramos la estructura de una ciudad según John Ruskin (1849), las características de los elementos que integran la ciudad de Saltillo y de acuerdo a Carlos Recio Dávila (2016) para su evolución del cambio uso del suelo en Saltillo por el crecimiento urbano. De esta manera se divide los Espacios en Geográfico, Urbano, Público y Transitivo; en el geográfico se considera la traza urbana y sus límites donde el origen de la población de Saltillo fue a partir de la Mesa de Arizpe donde se benefician por las corrientes que descendían desde el Ojo de agua. Espacios Urbanos: A pesar de los más de 400 años, Saltillo es una ciudad nueva los primeros años su crecimiento fue lento, en 1934 tenía 50 mil habitantes presentando su crecimiento hacia el norte y el poniente. Hasta la actualidad presenta 985,229 hab. Cuenta con una superficie de 6 837 km<sup>2</sup>, lo que la convierte en una de las ciudades más pobladas de México. Se ve la evolución de cuando eran barrios hasta hoy en la actualidad los llamados fraccionamientos reduciendo los espacios agrícolas y la pérdida de hábitat de algunas especies. Los espacios Públicos: es la organización interna (separación de los grupos sociales sus funciones y los usos del suelo. Los espacios de tránsito: Son las vías que fueron conformando la ciudad denominadas sendas. Toda esta estructura se analiza mediante mapas e imágenes de satélite la evolución de la mancha urbana de Saltillo. La finalidad de este análisis es de lograr un verdadero desarrollo y mejorar la calidad de vida de los habitantes y se refleje en todos los servicios que debe tener una ciudad. Saltillo ha sido parte importante de una estructura histórica y política alejada de su realidad urbana moderna por lo que es importante la identificación del crecimiento urbano y la modificación de la estructura de una ciudad para cubrir sus funciones y definir los usos del suelo más vulnerable próximas a zonas urbanas.

## CS-6 CARTEL

### CRECIMIENTO DE LA ESPECIE VEGETAL (PHASEOLUS VULGARIS) EN SUELOS CONTAMINADOS CON JALES MINEROS

Labastida Israel<sup>1</sup>, González Jenny Andrea<sup>1</sup>, Beltrán Margarita<sup>1</sup> y Armienta Hernández María Aurora<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, UAM  
<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
iln@azc.uam.mx

El distrito de Zimapán, Hidalgo, tiene importancia minera en México ya que se caracteriza por la riqueza de minerales, principalmente de Ag, Pb y Zn. Desde 1579 inició la localización de minas y su explotación, y en la actualidad continúan estas actividades. En consecuencia se han producido residuos peligrosos, llamados jales, que contaminan el entorno, principalmente los cuerpos de agua y el suelo. Algunas presas de jales en Zimapán, se encuentran aledañas a las zonas de viviendas y de cultivos. En este proyecto se evaluó el crecimiento de la especie vegetal (*Phaseolus vulgaris*) en suelos nativos contaminados con jales mineros, dado que en esta zona se cultiva esta especie. Se ensayó el método descrito en la guía 208 OCDE. La semilla presentó una viabilidad del 100% y la prueba de crecimiento vegetal se ensayó en un invernadero, en rizotrones de aproximadamente 9 kg de suelo, con

4 condiciones experimentales: suelo menos contaminado muestreado a 30 m de la presa de jales, suelo más contaminado a 20 m de la presa de jales, suelo testigo muestreado en la zona (alejado de la influencia de las presas de jales) y suelo testigo de invernadero. Las plantas crecieron durante 33 días después de que el 50% de las semillas emergieron y cuando se obtuvieron flores y frutos; se cosechó la especie vegetal. Se realizó una caracterización fisicoquímica de los sustratos, los parámetros determinantes fueron la materia orgánica y los nutrientes, los suelos influenciados por jales presentaron menores cantidades comparativamente con los testigos. Además, los suelos presentaron niveles de contaminación de hasta 610 ± 7.07 mg Pb/kg y 641.305 ± 1.84 mg As/kg. Al evaluar el crecimiento vegetal con respecto a los testigos, existió una inhibición en las plantas de frijol que crecieron en los suelos contaminados, de hasta 91% en la masa total, de 64% en la longitud, con 87% menos hojas y un 30% menos en cuanto su tamaño. Además del impacto observado en relación a las características de las plantas, que redundan en un problema económico, es muy importante que en los suelos colindantes a las presas de jales mineros se limite la actividad agrícola, es decir que no sean usados para la siembra de especies vegetales comestibles, ya que implica un riesgo hacia los animales y seres humanos debido a la posible asimilación de los metales y metaloides tóxicos presentes en el suelo.

## CS-7 CARTEL

### EL LIDAR EN LA CARACTERIZACIÓN DE INVENTARIOS DE VEGETACIÓN

Pérez Pérez Pablo Francisco<sup>1</sup> y García Dobarganes Bueno Juan Esteban<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, UG  
<sup>2</sup>Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato  
pperez7619@gmail.com

El LIDAR (Light Detection and Ranging) es una tecnología que empezó a usarse a principios del siglo XXI, siendo una de sus primeras tareas el monitoreo de las ruinas que quedaron después del ataque a las torres gemelas del WTC de Nueva York. En esta técnica el sensor LIDAR viaja transportado por avión, dron, helicóptero ó un vehículo terrestre o está fijo como una estación total topográfica, mientras mide el lapso a partir del cual se emite el láser hasta que toca el "target" y vuelve al sensor y dado que conoce con precisión la ubicación de la plataforma en la cual está colocada, puede generar una nube de puntos con las coordenadas X,Y,Z conocidas con precisión. Una de las principales ventajas del LIDAR es su alta densidad de puntos en terreno, esta gran cantidad de información se guarda en un formato propio denominado LAS. Los Archivos LAS o su versión comprimida LAZ preservan los siguientes atributos de puntos LIDAR: información de ubicación x, y, z, marca de tiempo GPS, intensidad, número de retorno, cantidad de retornos, valores de clasificación de puntos ASPRS, ángulo de escaneo, valores RGB adicionales, dirección de escaneo, entre otros. Una de las características principales es la intensidad definida para cada punto, es la fuerza de retorno del pulso láser que genera el punto. Su medida es afectada por la reflectividad y del objeto alcanzado por el pulso láser y la posterior dispersión de la señal. La intensidad puede sustituir el uso de una imagen pancromática. Cada punto LIDAR puede tener una clasificación asignada por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección que define el tipo de objeto que reflejó el pulso láser. Los puntos LIDAR se pueden clasificar en varias categorías que incluyen suelo o terreno desnudo, parte superior de cubierta forestal y agua. El LIDAR por sí solo no atraviesa la vegetación, si no que parte de los puntos "se cuelean" a través del ramaje, llegando hasta los estratos inferiores y produciendo así el retorno. Como recomendación, se suele apuntar a una densidad de 4 a 10 puntos por metro cuadrado para obtener información detallada sobre la vegetación. Además, habría tener en cuenta la orografía, pues las fuertes pendientes obligan a tomar densidades de puntos mayores. En superficies compactas sin vegetación se obtiene un único retorno (todo el haz de luz es reflejado), en cambio en superficies con vegetación el sensor es capaz de registrar varios retornos. El análisis de la nube de puntos LiDAR, caracteriza entonces los diferentes estratos, cobertura arbórea y de matorral, las alturas máximas de la vegetación, la presencia de matorral o regeneración avanzada. Para el estudio las unidades de muestreo fueron parcelas de área fija, que son las unidades de muestreo más utilizadas para la evaluación de vegetación y consisten en una porción de terreno delimitada en donde se obtiene información relacionada al área, por ejemplo: n° de individuos/ha, volumen en m<sup>3</sup>/ha, biomasa en tn/ha.

## CS-8 CARTEL

### LINEA BASE PARA LA EVALUACIÓN DEL CAMBIO EN LA VEGETACIÓN DERIVADA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN CUANTIFICADAS MEDIANTE VANTS

Araiza Arípez Karla María, Ramos Rodríguez Alejandro, Flores López María Z. y Sevilla Uda Víctor  
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
karla\_araizaropez@hotmail.com

En la cuenca alta de la Paz, B.C.S., se observan problemas de pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica, acrecentada por el sobrepastoreo. Ello ha traído como consecuencia la pérdida de vegetación y la diversidad vegetal en esta región. A partir del año pasado se han implementado diversas medidas de mitigación, como un cercado para evitar el ingreso de ganada, reforestación y mampostería, todo ello con la intención de frenar la erosión y recuperar el suelo y, en consecuencia, la

cobertura vegetal de la región. El uso de la fotogrametría derivada de VANTs ha facilitado el estudio de grandes extensiones de terreno a un costo relativamente bajo con alta resolución, permitiendo evaluar las medidas de mitigación de carácter ambiental. El presente trabajo monitorea el progreso de recuperación de la cobertura vegetal derivado de la aplicación de las medidas mencionadas mediante fotografía aérea. Para ello, se calculará la cobertura vegetal del área de estudio a partir de ortomosaicos empleando un índice espectral que estima la clorofila a partir de las bandas RGB de la cámara del dron. Para el primer año de estudio se obtuvieron coberturas vegetales de 16.5% (polígono mayor) y de 3.6% (polígono menor, mayor erosión), observando un incremento de la cobertura después de lluvias de 78.6 y 47.1% respectivamente. El seguimiento de estas coberturas y de la comunidad vegetal sentará las bases para evaluar los efectos de las medidas de mitigación empleadas en el sitio degradado, definiendo la toma de decisiones y el desarrollo de futuros proyectos del mismo ámbito en la región.

CS-9 CARTEL

### COLECCIÓN "EL MUNDO DEL SILENCIO"

Gallegos del Tejo Arturo, García Villanueva Alma Patricia y Escobar Sánchez Alejandra Rosario  
*Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, UAAAN*  
 agallegost@yahoo.com.mx

Con motivo del 40° Aniversario del Departamento Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se preparó una serie de 13 posters de 115x60 cm y un mural de 120x180 cm sobre el Tema Suelos, que cubre los diversos aspectos de esta Ciencia: 1. EL SUELO, UN MEDIO ORIGINAL 2. QUÉ TANTO SABEMOS SOBRE LOS SUELOS? 3. EL SUELO, QUÉ ES, CÓMO SE FORMA? 4. QUÉ ES UN SUELO FÉRTIL? 5. LOS SUELOS FÉRTILES, ESENCIALES Y AMENAZADOS 6. LOS MICROORGANISMOS 7. LA MESOFAUNA 8. LA MACROFAUNA 9. FORMACIÓN DE UN CHERNOZEM 10. FORMACIÓN DE UN FERRALSOL 11. FORMACIÓN DE PODZOLES 12. VIVIR SIN SUELO 13. LA CIUDAD VERDE, SERÁ POSIBLE O SÓLO ES UN SUEÑO? 14. EL SUELO ES UN ARCHIVO DE EVENTOS PASADOS El objetivo de esta Colección es mostrar, de manera didáctica, un panorama muy completo sobre los procesos de formación de suelos, la importancia de la actividad biológica para la nutrición de las plantas y para la vida misma; la influencia del clima y la vegetación en la formación de suelos, mediante tres ejemplos centrales: Chernozem, Ferralsols y Podzoles. El mural (El Suelo, un Archivo de Eventos Pasados), de 120x180 cm presenta una selección de 30 monolitos de suelos de prácticamente todos los grupos incluidos en el Sistema de Clasificación del WRB (World Reference Base), obtenidos de la Base de Datos del Museo Mundial de Suelos (World Soil Museum) ubicado en Wageningen, Países Bajos. A pesar de la enorme importancia del Recurso Suelo, no sólo para la economía de un país, pues de él obtenemos la mayor parte de nuestros alimentos, sino también para la estabilidad de los ecosistemas tanto a nivel local, como regional y global; el conocimiento y comprensión de los múltiples y complejos procesos que se llevan en él y hacen posible su funcionamiento, está limitado a un reducido grupo de personas dedicadas a su estudio. Oculto bajo nuestros pies, existe un universo multidimensional donde cohabitan innumerables formas de vida que interactúan entre sí y con la superficie; reciclando residuos, filtrando el agua, almacenando carbono, transformando elementos minerales en compuestos asimilables para las plantas y de esta manera, haciendo posible la existencia de todas las formas de vida que habitan la superficie de nuestro planeta, incluyendo al Hombre. La Educación Ambiental hace hincapié en las graves consecuencias derivadas del manejo inapropiado de los recursos naturales y la necesidad de cambiar nuestra actitud hacia la Naturaleza, realizando diversas acciones que van desde el manejo adecuado de nuestros residuos hasta la reforestación y protección de espacios verdes; tal vez porque está fuera de nuestra vista, le damos poca importancia al Recurso Suelo, hasta que ya es demasiado tarde; es imperativo cambiar esta actitud. La Colección El Mundo del Silencio, es un primer paso en este sentido.

Sesión regular

# **CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA**

Organizadores:

Erika Danaé López Espinoza  
Luis Felipe Pineda Martínez

CCA-1

## DETECCIÓN DE EVENTOS EXTREMOS: SEQUÍA Y PRECIPITACIÓN SEVERA EN LA REPÚBLICA MEXICANA MEDIANTE PLATAFORMAS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Zarraluqui Víctor, Alfaro Diego y Bravo Jose  
*Centro de Ciencias de la Atmósfera, U.N.A.M., C.C.A.*  
 vzs1@atmosfera.unam.mx

Por su ubicación geográfica, extensión y orografía compleja, el país tiene diversos tipos de clima y está sujeto a diversos fenómenos y sistemas meteorológicos que se presentan a lo largo del año. Así mismo es susceptible a eventos extremos como precipitaciones severas y sequías prolongadas. Estos eventos tienen un fuerte impacto en la actividad económica, infraestructura, ganadería, agricultura y en pérdida de vidas humanas entre otras. En este trabajo se presenta un análisis de este tipo de eventos mediante plataformas satelitales (TRMM, GPM) a través del monitoreo de los períodos correspondientes, sus características, condiciones, y posibles interacciones, como podría ser la Oscilación del Sur (tomando como referencia el índice ENOS multivariado) que como ha sido ampliamente documentado en la literatura modifica los patrones de precipitación. Con base al desarrollo de climatologías mensuales, determinación de anomalías y regionalización de las mismas, usando los productos derivados de dichas plataformas satelitales, como el 3B42 (precipitación acumulada cada 3hrs) y 3B43 (precipitación mensual). Así mismo se determinaron posibles tendencias para los períodos seco y húmedo mediante la aplicación de pruebas estadísticas. Cabe señalar que el período examinado fue de 1998 a 2015 (tiempo de operación del satélite TRMM) y la base de datos con que se trabajó (construida en trabajo previo con datos del producto 3B43 principalmente), está integrada con el acumulado mensual y una resolución de 0.25°. Fue validada con los datos de GPCC y CMORPH. De los resultados obtenidos se desprende que el producto 3B43 es una herramienta confiable para monitorear y detectar períodos de sequía. La resolución del producto permite regionalizar con mayor precisión las áreas afectadas. Por último no se observa una señal fuerte de cambio en la precipitación acumulada en la mayor parte del país comparado con las normales del S. M.N., pero dado lo corto del período evaluado se puede hablar del comportamiento de la precipitación más que de una tendencia.

CCA-2

## ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA EN EL ESTADO DE ZACATECAS, MEDIANTE ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Pita Díaz Oscar<sup>1</sup> y Ortega-Gaucin David<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
<sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IIMTA  
 oscar.pita@posgrado.imta.edu.mx

En los últimos años, los fenómenos hidrometeorológicos extremos en México han sido más frecuentes y de mayor severidad, posiblemente como consecuencia del cambio climático global. En este trabajo se analizan los cambios en los valores extremos de temperatura y precipitación en el estado de Zacatecas mediante el cálculo de índices de cambio climático, establecidos por el Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en inglés). Para ello, se utilizaron bases de datos del sistema CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, abarcando un período de 40 años (1976-2015); utilizando estaciones climatológicas que contaran con un mínimo de 32 años de registros disponibles. Las bases de datos fueron sometidas a un control de calidad, homogeneización y relleno de datos faltantes con el software Climatol, programado en el Lenguaje R; además de utilizar series de datos de reanálisis como referencia a estaciones climatológicas alejadas entre sí. Los principales resultados obtenidos muestran un incremento en la temperatura máxima, especialmente en los meses de primavera y verano, así como eventos de sequía meteorológica más recurrentes. Se concluye que el comportamiento de los extremos de temperatura y precipitación puede ocasionar afectaciones a la agricultura de temporal, que es una de las principales actividades económicas en el estado de Zacatecas.

CCA-3

## ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN HISTÓRICA PARA LA ZMCM

López Espinoza Erika Danae<sup>1</sup>, Fuentes-Mariles Oscar<sup>2</sup>, Novelo Casanova David Alberto<sup>3</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup> y Hernández-Luna Magdalena<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>4</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 danae@atmosfera.unam.mx

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) cuenta con información pluviométrica de la red CLimate COMputing project (CLICOM), la cual es administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), y se encuentra disponible en una herramienta web desarrollada por el Centro de Investigación

Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICSE, <http://clicom-mex.cicese.mx>). La información disponible tiene ya un control de calidad inicial realizado por el SMN. Sin embargo, para un proyecto desarrollado previamente para inundaciones, hemos realizado un control de calidad adicional basado en el análisis de la coherencia de la precipitación acumulada diaria considerando diferentes fuentes de información (oficial, pronóstico numérico e inventarios de precipitaciones disponibles). A partir de esta base de datos generada con información consistente, con una densidad alta de estaciones pluviométricas distribuidas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y con información mayor a 20 años para los meses del período de lluvias (junio a octubre) desde 1922 al 2015, se realiza un análisis de la precipitación acumulada diaria en la ZMCM desde diferentes puntos de vista: eventos extremos y tendencias.

CCA-4

## IDENTIFICACIÓN DE INCREMENTO DE TEMPERATURA MEDIANTE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SERIES DE TIEMPO, EN LA REGIÓN ÁRIDA EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

Reaza Villalobos Claudia Alejandra<sup>1</sup>, Jara Vera Rogelio Ivan<sup>1</sup>, Hidalgo González Naddir Jhazzel<sup>1</sup>, Rodríguez Castañón David<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup> y Silva-Hidalgo Humberto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua  
 claudia.arv9@gmail.com

El cambio climático es una preocupación creciente en la actualidad, considerándose como uno de los problemas más importantes por sus impactos adversos en los sistemas naturales y humanos, cuyos efectos pueden observarse a nivel global, regional y local. El incremento en el promedio de la temperatura terrestre y oceánica a nivel global, es una de sus manifestaciones más evidente de este fenómeno. Por su localización geográfica, la región árida del estado de Chihuahua presenta altas temperaturas de forma natural, por lo que de verificarse incrementos en la temperatura se tendrían condiciones aún más adversas. Aproximadamente el 70% de su territorio presenta clima muy árido o semiárido, con condiciones hidrometeorológicas extremas y cambiantes. Con el objetivo de intentar identificar evidencia de aumento en la temperatura en esta región, se realizó un análisis estadístico a los registros históricos de temperatura de ocho estaciones climatológicas, considerando cubrir la extensión territorial árida. Las estaciones analizadas fueron Ciudad Juárez, Ojinaga, Delicias, Camargo, Chihuahua, Casas Grandes, Valle de Zaragoza y Jiménez, que cuentan con un registro amplio de temperaturas (1960-2017). El análisis estadístico consistió en: (1) análisis gráfico de las series de tiempo de medias anuales, (2) pruebas de normalidad, (3) pruebas de homogeneidad, (4) análisis de tendencia, y (5) pruebas de persistencia. Las series de tiempo exhiben un comportamiento normal, fundamentando el uso de pruebas paramétricas para el análisis de homogeneidad y persistencia. En siete estaciones se encontró que las series de tiempo fueron no homogéneas, con dos poblaciones cuya separación se ubica dentro del período de 1989-1994. La estación homogénea presenta tendencia, pero no persistencia, por lo que en el futuro podría dejar de observar dicho comportamiento. Cuatro estaciones presentan una variación del valor medio de sus dos poblaciones de entre 1.3°C y 1.42°C; las dos estaciones restantes mostraron una variación menor de 1.2°C, esto último probablemente por ubicarse dentro del Distrito de Riego 005 Delicias, en el que se distribuye en una extensión muy amplia una cantidad importante de agua que podría crear un microclima por efectos de humedad, que atenúe dichas variaciones en la temperatura. La población más reciente en las siete estaciones muestra una tendencia a incrementar su temperatura media anual, pero solo en cuatro de ellas se verificó persistencia estadística, por lo que la variación entre ambas poblaciones podría incrementarse en el futuro. El estudio realizado reveló evidencias estadísticas de incremento en la temperatura a principios de los años noventa, lo que poder ser de utilidad para establecer medidas de mitigación para afrontar los efectos adversos del cambio climático.

CCA-5

## CÁLCULO DE ÍNDICES Y TENDENCIAS DE TEMPERATURAS MÍNIMAS EXTREMAS EN EL NORTE DE MÉXICO

Pineda Martínez Luis Felipe<sup>1</sup>, Rodríguez-González Baudelio<sup>1</sup>, Aguilar Ortega Francisco<sup>1</sup>, Dzul García Oscar Antonio<sup>1</sup>, Escalona Alcázar Felipe de Jesús<sup>1</sup>, Bluhm Gutiérrez Jorge<sup>1</sup> y Alean Rocha Carlos<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ  
<sup>2</sup>CONAGUA  
 lpineda@uaz.edu.mx

El aumento en las temperaturas mínimas extremas muestra un patrón más acelerado en los últimos años en el hemisferio Norte. Hasta ahora se ha observado una tendencia en las temperaturas máximas diarias, las cuales han incrementado gradualmente en los últimos 20 años. En este trabajo presentamos un análisis de los índices de detección de cambio climático para la región del Norte de México. Los índices son calculados para estaciones climáticas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) distribuidas de manera homogénea en la región de estudio. Un control de calidad es aplicada las series de tiempo de temperaturas para el cálculo

de índices. En este trabajo se presentan algunos resultados de un análisis las temperaturas mínimas en norte de México; ésta región además se caracteriza por tener una elevación superior a los 2000 msnm. Los resultados muestran que las temperaturas mínimas en el norte de México tienen una tendencia positiva en los últimos años, lo cual causa una disminución en los rangos diurnos de temperatura. El análisis de las tendencias y a la creación de escenarios futuros podría ayudar en los procesos de prevención y creación de políticas públicas en relación al Cambio Climático.

#### CCA-6 PLÁTICA INVITADA

### PANORAMA ACTUAL DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN-CONAGUA) Y POSIBLES ÁREAS DE COLABORACIÓN CON LA ACADEMIA

Zavala Hidalgo Jorge  
Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua  
jorge.zavalah@conagua.gob.mx

Se presenta un panorama de la situación actual del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA) y de las posibles áreas que deben fortalecerse en el corto y mediano plazo, y las posibles áreas de colaboración con el sector académico. El SMN es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país, su objetivo principal es la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas.

#### CCA-7

### EL CAMBIO DEL CONTENIDO DE ENERGÍA CINÉTICA DE LA LLUVIA CON LA ALTITUD

Arenal Casas Stefany, Montero Martínez Guillermo y García García Fernando  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, CCA  
stefany.arenal@ciencias.unam.mx

El proceso de erosión consiste en el desprendimiento y el transporte de partículas individuales de la masa del suelo por la lluvia, el viento y la escorrentía, entre otros procesos naturales, así como fuerzas antropogénicas. La erosividad de la lluvia es la capacidad de las gotas para desprender partículas del suelo, y es un índice para cuantificar la erosión. Los procesos de erosión del suelo dependen en gran medida de la energía de los eventos de lluvia, la cual es función de la intensidad de precipitación y del tamaño de las gotas de lluvia, entre otros factores. Desde el siglo pasado, se han realizado estudios y experimentos sobre la erosión y su relación con diversos parámetros de lluvia, como la energía cinética (EC), pero la diversidad global de la topografía y otras características han hecho necesario realizar investigaciones localmente focalizadas para estimar las relaciones entre EC y la erosividad. Con el objetivo de explorar la influencia de la velocidad de caída medida de las gotas de lluvia sobre la EC de las tormentas en función de la altitud, se analizaron los datos de los disdrómetros ópticos PWS100 instalados en los observatorios de la RUOA-UNAM en Juriquilla y Chamela. Los resultados obtenidos de la relación entre el contenido de energía cinética (EC<sub>mm</sub>, en J m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y la intensidad de la lluvia (R, en mm h<sup>-1</sup>) indican un incremento de la EC de las tormentas con la altitud.

#### CCA-8

### ESTUDIO DE LA RELACIÓN DEL MOMENTUM DE LA PRECIPITACIÓN CON LA EROSIÓN

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

El agua interviene en el proceso de erosión a través del impacto de las gotas de lluvia y de la escorrentía superficial. La erosión puede estimarse por el producto de dos factores: la erosividad de la lluvia y la capacidad potencial del suelo a ser erosionado. El impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo constituye el principal agente iniciador de la erosión, ya que pueden transferir parte de su cantidad de movimiento (momentum) o de su energía cinética hacia la superficie, desprendiendo algunas partículas. La cantidad de material disgregado durante un evento de lluvia está relacionada con su intensidad, su duración y la cantidad de energía cinética o momentum. Desde hace unas décadas se han propuesto diferentes modelos para estimar la erosividad de la lluvia. Aunque la energía cinética ha sido uno de los indicadores más utilizados en dichos estudios, existen reportes que indican que el momentum podría ser un mejor indicador. Tanto la energía cinética como el momentum totales de una tormenta dependen de la masa (tamaño) y de la velocidad de caída de las gotas. La distribución por tamaños de las gotas de lluvia (DSD) observada en la superficie es el resultado de una serie de procesos físicos que ocurren en las nubes y durante la precipitación. Además, la DSD también depende de otros factores como la temporalidad, la ubicación y el clima, que determinan los procesos de formación de las tormentas. En este estudio se analiza el comportamiento de la cantidad de movimiento en función de la intensidad de precipitación y de la altitud. Los datos analizados (tamaño

y velocidad de caída de las gotas) fueron obtenidos con disdrómetros ópticos del tipo PWS100 en las plataformas de los observatorios de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las observaciones de velocidad de caída durante periodos con intensidades de viento menores que 3.5 m s<sup>-1</sup> muestran que las gotas llegan a la superficie con mayor velocidad cuanto mayor la altitud. Esto sugiere que las estimaciones de cantidad de movimiento también serán diferentes en función de la altitud del sitio de muestreo.

#### CCA-9

### PARAMETRIZACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE GOTAS DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

García-García Fernando, García-Loginova Vladimir y Montero Martínez Guillermo  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, CCA - UNAM  
ffgg@atmosfera.unam.mx

La distribución por tamaños se define como el número partículas de cada tamaño en una masa de aire dada. En particular, la distribución por tamaños (diámetros) de gotas de lluvia (RDS, por sus siglas en inglés) varía significativamente dependiendo de los procesos que dan lugar a la formación y el desarrollo del evento de precipitación, ya sean éstos de lluvia fría o de lluvia cálida. Por esta razón, las RDSs varían también con la localización geográfica y con la época del año. En otras palabras, la RDS da información relevante acerca del proceso de formación y desarrollo de la precipitación. Además de utilizarse para estimar la intensidad de precipitación, la RDS es uno de los principales factores involucrados en la determinación de reflectividad del radar y la interpretación de información satelital. Las mediciones de las distribuciones por tamaños de las gotas de lluvia que llegan al suelo a menudo se pueden ajustar mediante una distribución exponencial, conocida como Marshall-Palmer. Esta parametrización tiene algunas limitantes, por lo que diversas distribuciones de probabilidad estándar han sido propuestas para construir parametrizaciones y modelos de RDSs, entre las que destaca la distribución Gamma. Con el objetivo de determinar la función de distribución para espectros de gotas de lluvia en la Cuenca de México, se utilizaron datos del disdrómetro óptico instalado en la estación UNAM (Ciudad Universitaria) de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA). Este instrumento es capaz de medir no sólo el tamaño de gota, sino también su velocidad de caída durante eventos de precipitación natural. En el presente trabajo, se presentarán las parametrizaciones de RDSs obtenidas para la Cuenca de México mediante las funciones Marshall-Palmer y Gamma, así como los resultados de algunas de sus aplicaciones.

#### CCA-10

### CARACTERIZACIÓN DEL TAMAÑO DE LOS RÍOS ATMOSFÉRICOS: UNA METODOLOGÍA INDEPENDIENTE DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN

Inda-Díaz Héctor A.<sup>1</sup>, O'Brien Travis A.<sup>2</sup>, Shields Christine A.<sup>3</sup>, Rutz Jonathan J.<sup>1</sup>, Leung L. Ruby<sup>2</sup>, Payne Ashley E.<sup>4</sup>, Ralph F. Marty<sup>5</sup> y Collins William D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lawrence Berkeley National Laboratory/UC Davis

<sup>2</sup>Lawrence Berkeley National Laboratory

<sup>3</sup>National Center for Atmospheric Research

<sup>4</sup>National Weather Service

<sup>5</sup>Pacific Northwest National Laboratory

<sup>6</sup>University of Michigan Ann Arbor

<sup>7</sup>Scipps Institution of Oceanography

haindiaz@ucdavis.edu

Los ríos atmosféricos (RAs) tienen consecuencias importantes en el ciclo hidrológico en latitudes medias. Existen efectos tanto positivos como negativos en las regiones continentales que son afectados por los RAs. Se sabe que al rededor de 40-75% de vientos extremos y 40% de precipitación extrema en las regiones costeras del mundo son asociados con RAs. Estos efectos han sido cuantificados en función de su duración y la intensidad del transporte de vapor agua (IVT). El tamaño de los RAs tiene también una relación importante con los efectos benéficos y negativos en las regiones continentales. En la literatura, el área de los RAs está fuertemente influenciada por el método de detección utilizado. Resultados del Proyecto de intercomparación de métodos de detección de ríos atmosféricos (ARTMIP) indican que el tamaño de los RAs depende fuertemente del algoritmo utilizado en su detección, con un rango de variación de varios órdenes de magnitud entre los diferentes métodos. El objetivo de este trabajo es estimar el tamaño de los RAs desde una perspectiva independiente al método de detección. Para esto, utilizamos datos de reanalysis de ERA5, y creamos un ensamble de eventos de RAs en el periodo 2003-2018. Mediante un análisis de componentes principales al campo de IVT, definimos el centro de masa del RA, y muestreamos los valores de IVT a lo largo de las dos componentes principales del RA (longitudinal y transversal). También estimamos la función de probabilidad condicional de IVT y la distancia al centro de masa del RAs, para definir estadísticamente las fronteras y el tamaño del RA. Finalmente, utilizamos un método lagrangiano para definir la función de densidad de probabilidad (PDF) de la localización del y el área de los RAs en nuestro ensamble. Resultados preliminares sugieren que el área está entre 10<sup>13</sup> y 10<sup>14</sup> m<sup>2</sup> para 75% de los RAs del ensamble. El largo y ancho promedio es de 2500 y 850 km respectivamente. Estos resultados son consistentes con los resultados de los algoritmos del ARTMIP, con un rango de variación menor. Nuestro resultados

indican que este método puede estimar robusta y objetivamente el tamaño de los RAs, sin dependencia al método de detección utilizado.

#### CCA-11 PLÁTICA INVITADA

### TORNADOS EN MÉXICO: CLIMATOLOGÍA, AMBIENTES DE FORMACIÓN Y ANÁLISIS NUMÉRICO

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

Los tornados se consideran la manifestación más extrema del tiempo severo. Dichos fenómenos naturales son comunes en México, llegando a superar los 50 reportes anuales. Los tornados se han documentado mayormente entre primavera y verano a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), una región de orografía compleja localizada en el centro del país. En la presente investigación, se examinan las características fundamentales de la tornadogénesis en México. En primer lugar, se analizan los ambientes estacionales de escala sinóptica para días con actividad tornádica, utilizando los datos de reanálisis NCEP-NCAR. Posteriormente, se identifica la conexión entre estos fenómenos naturales y los procesos de convección profunda en el centro de México, utilizando los productos de nube del sensor MODIS. Finalmente, y a través del modelo numérico WRF-ARW, se describe el rol de las propiedades del terreno y los flujos locales en la generación de ambientes inestables que preceden la formación de tornados en el centro del país. Los resultados señalan que los tornados en México exhiben características únicas de formación, distribución y sentido de rotación. Los procesos locales, modulados principalmente por las características del terreno, en conjunto con flujos de escala sinóptica, asociados a sistemas como ondas y ciclones tropicales, resultan indispensables en la formación de ambientes inestables dentro de los que se han documentado tornados en México. Asimismo, la conexión entre éstos y los procesos de convección profunda, muestran el rol de la orografía a través de procesos de convección forzada. El entendimiento de los procesos locales de tornadogénesis resulta útil para la identificación de escenarios de riesgo y futuras aplicaciones en la predicción operativa.

#### CCA-12

### SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA EN LA REGIÓN DEL NOROESTE DE MÉXICO DURANTE LOS VERANOS DE 1995-2017

Ramos Pérez Omar<sup>1</sup>, Ochoa Moya Carlos Abraham<sup>2</sup>, Quintanar Arturo<sup>2</sup> y Adams David<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>CCA, UNAM  
 omar.ramos@atmosfera.unam.mx

Un Sistema Convectivo de Mesoescala (MCS por sus siglas en inglés) es un sistema organizado con un ciclo de vida duradero (decenas de horas hasta un día) y de gran tamaño (~100km en longitud) en comparación con una tormenta aislada. Los MCSs son de gran importancia para el clima en los trópicos y en las latitudes medias porque transfieren calor al igual que momentum desde niveles bajos hasta la tropopausa. Los MCSs también generan una gran cantidad de precipitación que se asocia con su morfología; una región convectiva muy intensa y de poca duración así como una región estratiforme de precipitación ligera pero duradera. Además estos sistemas son capaces de generar efectos asociados con tiempo severo incluyendo rayos, inundaciones repentinas, vientos intensos, granizo, etc. Una región en México en donde los MCSs son muy importantes, especialmente, para el recurso hídrico es el Noroeste de México (Sonora, Chihuahua y Sinaloa) y la razón de dicha importancia es porque esta región tiene un clima semi-desértico. Pero en verano las condiciones relativamente secas cambian con un aumento repentino en las lluvias. Siendo los MCSs quienes generan eventos importantes de lluvia y aportan grandes cantidades a la precipitación durante el verano (~75%). Razón por la cual es muy importante entender su ciclo de vida (Inicio, madurez y fin), su ubicación y frecuencia (lugares en donde son más frecuentes) así como los mecanismos que favorecen su propagación en esta región del país. En el presente trabajo se abordará el ciclo de vida, ubicación y frecuencia mediante la identificación de los MCSs durante la época de verano para un periodo a largo plazo desde 1995 hasta 2017 (Más de 20 años). Para dicha identificación se utilizó un algoritmo en imágenes satelitales del canal infrarrojo (10.7 micrómetros) obtenidas por el Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental (GOES por sus siglas en inglés). Resultados preliminares muestran que el algoritmo, en términos generales, identifica adecuadamente los MCSs a partir de un criterio de Temperatura de Tope de Nube (CTT por sus siglas en inglés) y de área. La mayoría de los MCSs identificados comienzan por la tarde e inicio de la noche (15-21 Tiempo Local) y finalizan durante la madrugada (21-03 Tiempo Local). También se hablará de la utilidad que tienen los datos de rayos en el estudio de la evolución, de la intensificación y en la estimación de la velocidad de propagación de dichos sistemas en el noroeste de México. Es importante mencionar que los datos de rayos se obtuvieron de la Base de Datos Global de Rayos (GLD360 por sus siglas en inglés) a cargo de Vaisala y únicamente para los años de 2011 a 2017, por ende solo se hablará de los MCSs que ocurrieron en dicho periodo.

#### CCA-13

### LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU PAPEL PARA EL INICIO DEL MONZÓN DE AMÉRICA DEL NORTE

Fonseca Hernández Mariam<sup>1</sup>, Turrent Cuauhtémoc<sup>1</sup>, Mayor Yandy G.<sup>1</sup> y Tereshchenko Iryna<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara  
 mariamfncsc@gmail.com

En este trabajo se analizan los mecanismos de mezcla responsables de las variaciones temporales y espaciales de la capa límite del Golfo de California (GoC) durante el inicio del Monzón de América del Norte (NAM). Se utilizan datos de radiosondeos y globos piloto recopilados durante el Experimento del Monzón de América del Norte (NAME), así como datos de reanálisis. El ciclo diurno de la capa límite del Golfo se ve fuertemente afectado por la convergencia y la divergencia asociadas a los regímenes locales de brisa y por la presencia e intensidad de una inversión térmica. Después de la erosión de dicha inversión térmica, que coincide con el inicio del NAM, la cizalladura del viento es la mayor fuente de turbulencia para la mezcla de la capa límite del Golfo. Además, las variaciones de la altura de la capa límite del GoC alrededor del inicio del monzón tienen un impacto significativo en la precipitación monzónica de Sonora y Sinaloa.

#### CCA-14

### SIMULACIONES NUMÉRICAS DE LA INTERACCIÓN DE CIRCULACIONES LOCALES EN EL VALLE DE MÉXICO EN ESCENARIOS PASADOS Y PRESENTES DE USO DE SUELO

Aquino Martínez Lourdes Paola<sup>1</sup>, Quintanar Arturo<sup>2</sup> y Ochoa Moya Carlos Abraham<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>CCA, UNAM  
 luluisita.am@gmail.com

Debido a la formación orográfica particular y al cambio de uso de suelo y cubierta vegetal que ha experimentado el Valle de México, a lo largo de décadas, se producen circulaciones locales que son una combinación de vientos asociados a las circulaciones valle-montaña (MV) y de isla de calor urbano (UHI). Estudios anteriores para el Valle de México (Jáuregui, 2000, Ochoa et al 2015, Ruiz-Angulo y López-Espinoza 2015, Benson-Lira et al 2016) sugieren que las características de estas circulaciones están asociadas a un cambio en uso de suelo y cubierta vegetal y por tanto a los cambios correspondientes en las propiedades físicas de la superficie (albedo, rugosidad, flujos turbulentos de energía). Para aislar la respuesta atmosférica local se eligieron casos de estudio bajo condiciones sinópticas débiles usando WRF forzado con ERA5 para la temporada seca de 2017 (febrero a mayo). Los resultados muestran que durante las primeras horas de la mañana, la circulación de la UHI impide el desarrollo de los vientos anabáticos de la circulación MV. En cambio, durante el medio día y la noche la circulación por UHI intensifica los vientos de las ramas ascendentes y descendente de la circulación MV.

#### CCA-15

### TRANSPORTE DE VAPOR DE AGUA POR ONDAS DEL ESTE A MÉXICO

Rodríguez González Francisco Javier  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 frajard@gmail.com

El estudio del flujo de vapor de agua es de vital importancia para el clima, ya que se ha determinado que se relaciona en gran medida la disponibilidad de agua en el continente para mantener el balance hídrico entre la evaporación y la precipitación (Holzman, 1937). De acuerdo con Rasmusson (et al. 1997), existen dos vehículos principales para el transporte de humedad de los Mares Intra-Americanos hacia el norte: el flujo de humedad del sur que cruza el Golfo de México y el la corriente en chorro de bajo nivel de las Grandes Planicies. Donde por su relevancia hacia nuestro país, se espera prestar mayor atención al primero. Para tener una clara idea del comportamiento de este flujo debemos estudiar los patrones dinámicos que modulan el flujo hacia el norte. No obstante, poco se conoce sobre la misma fuente de generación de humedad o por las ondas del este que durante el verano llegan a la región procedente. Tomando lo anterior en cuenta, se propone analizar las condiciones sinópticas que favorecen los episodios de lluvia intensa de verano en el centro de México es de gran importancia para diversos problemas en materia de Protección Civil, manejo del agua, comunicaciones y otros. La experiencia de los meteorólogos sinópticos indica que las ondas del este pueden producir lluvias extremas (Cook, 1999), pero esto dependerá de la cantidad de agua precipitable en el sistema y de la intensidad de la onda al generar movimientos ascendentes. La actividad de ondas del este es considerada desde 1979 hasta 2010. Se utilizaron los datos de reanálisis del ECWMF y se eligieron para el diagnóstico las variables de viento, humedad, columna total de agua, temperatura superficial del océano. El espacio de malla para los datos de reanálisis es de 1° en latitud y longitud y con una resolución cada 6 horas. Como parte del análisis, se determina una climatología con los datos para conocer las condiciones meteorológicas medias en México y los los Mares Intra-Americanos, donde es de vital importancia conocer las características

del flujo del viento, ya que, en general, los chorros de bajo nivel juegan un importante rol en el intercambio de vapor de agua en regiones localizadas contra la dirección del viento y a favor del viento. Los estudios de Rasmusson 1967 y Basilevich 2002 han señalado al Mar Caribe como una fuente de humedad del Golfo de México y los Estados Unidos durante el verano. Para seguir con el estudio las ondas y sus características de variabilidad, se utiliza el método de la perturbación, donde después de considerar el estado medio de la atmósfera, conocer cuales son los factores que la modifican, como lo son las ondas. Para observarlas con mayor detenimiento y darles un seguimiento claro, se realiza un filtro sobre las condiciones meteorológicas para considerar en nuestra región tropical solo los números de onda que se encuentren asociados a ondas del este. El proceso aún continúa en desarrollo.

CCA-16

## IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE HUMEDAD EN LA FORMACIÓN DE HURACANES EN EL OCEANO ATLÁNTICO

Pazos Marní<sup>1</sup> y Gimeno Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Universidad de Vigo

marnipazos@gmail.com

Utilizando el modelo lagrangiano de partículas FLEXPART identificamos las fuentes de humedad relacionadas con el lugar de la ciclogénesis de 110 ciclones tropicales formados en el Océano Atlántico Norte dentro de la región comprendida entre los 15 – 45 W y los 8 – 20 N en el periodo de 1979 a 2012. Calculamos las anomalías de los valores de la humedad específica durante los 10 días previos a la formación del ciclón para medir la contribución de humedad al punto de interés. Las regiones principales de fuentes de humedad se ubicaron a lo largo de la costa de África y sobre la región continental del oeste de África.

CCA-17

## EVOLUCIÓN SUB-MENSUAL DEL JET DE BAJO NIVEL DEL CARIBE Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN EN MÉXICO

García Martínez Ivonne Mariela y Bollasina Massimo

University of Edinburgh

ivonne.garcia@ed.ac.uk

La estructura espacial y evolución sub-mensual de verano de uno de los elementos importantes del clima regional, el jet de bajo nivel del Caribe (CLLJ), se investigan mediante funciones empíricas ortogonales extendidas. Se utilizan datos de viento a 925 hPa en el Caribe durante el periodo 1979-2010 provenientes del reanálisis CFSR. Este estudio revela nuevos detalles sobre los procesos dinámicos y la evolución espacio-temporal de la intensificación de verano del CLLJ (con vientos del este). A través de regresiones lineales desfasadas 5 y 10 días antes y después del máximo del CLLJ, se identifican vínculos climáticos importantes en México y Centroamérica. Los resultados muestran que el CLLJ genera respuestas significativas de precipitación y temperatura con una evolución temporal distinta sobre la región Caribe-Atlántico a la observada en el Pacífico tropical, lo que sugiere diferentes mecanismos de control sobre estas dos regiones extensas. Las anomalías de precipitación están vinculadas con la circulación troposférica media y alta, donde una celda vertical sobre el Caribe (que asciende al oeste del mar Caribe y desciende al este del mismo) varía en fase con la divergencia de gran escala sobre el Océano Pacífico. La presencia de ondas hemisféricas extratropicales y el debilitamiento de una baja térmica en el noreste de México-centro de EE. UU. se identifican como posibles factores desencadenantes de la intensificación de verano del CLLJ. Se encuentra que dos modos principales de variabilidad tropical, ENSO y la Oscilación Madden-Julian, intensifican el CLLJ y prolongan su ciclo de vida.

CCA-18

## INFLUENCE OF THE MJO ON MOISTURE TRANSPORT TO THE MSD REGION IN MEXICO

Perdigón Morales Juliet<sup>1</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>1</sup>, OrdoñezPaulina<sup>1</sup>, Nieto Raquel<sup>2</sup>, Gimeno Luis<sup>2</sup> y Barrett Bradford<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo, Ourense, España<sup>3</sup>Oceanography Department, U.S. Naval Academy, Annapolis, Maryland, USA

jperdigon@atmosfera.unam.mx

This three-part study aimed to improve the understanding of the role that the Madden-Julian Oscillation (MJO) plays in modulating the midsummer drought (MSD) in Mexico. First, the main moisture sources for the MSD region in Mexico during the summer season were identified using the Lagrangian particle dispersion model FLEXPART for the period 1979-2017. From this analysis, the Caribbean Sea was identified as one of the main moisture sources, particularly the area where the core of the Caribbean low-level jet (CLLJ) is located. The freshwater flux transported by the CLLJ to the MSD region in Mexico was then analysed. The results showed that the seasonal variability of the moisture contribution from the CLLJ core to precipitation over Mexico is associated with the summer seasonal cycle of the CLLJ, making

it a key element in the explanation of the occurrence of the MSD. The possible influence of the MJO on this transport was then examined. This analysis showed that, during the MSD months, the dry (wet) phases of the MJO decrease (increase) the contribution of moisture from the CLLJ core towards the MSD region. Based on a complementary analysis, it was determined that phases 1 and 2 of the MJO influence the first precipitation peak that occurs in the south-western region of Mexico by increasing the contribution of moisture from the north-eastern tropical Pacific. Finally, a mechanism by which the MJO modulates the MSD in Mexico is proposed.

CCA-19

## TENDENCIAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR: OBSERVACIONES VS MODELOS

Martínez López Benjamín

Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, CCA

benmar@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se analizan las tendencias históricas de la temperatura superficial del mar, extraídas de las observaciones utilizando técnicas no lineales, y se comparan con las simuladas por los modelos utilizados en las diversas fases del Proyecto de inter-comparación de modelos de clima acoplados (CMIP). Los resultados muestran que en CMIP3, CMIP5 y CMIP6, los modelos no son aún capaces de simular correctamente las tendencias observadas en el Océano Atlántico. En particular, los modelos fallan sobre la región que se utiliza para definir a la Oscilación Multidecadal del Atlántico, lo cual representa un reto mayúsculo para las predicciones climáticas con horizontes mayores a unos cuantos años.

CCA-20

## DINÁMICA DE LAS BRISAS Y SU INTERACCIÓN CON UN FRENTE FRÍO EN LA COSTA DE SISAL, YUCATÁN: CASO DE ESTUDIO

Allende Arandía María Eugenia<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Torres-FreyermuthAlec<sup>1</sup>, Appendini Christian<sup>1</sup>, Cerezo-Mota Ruth<sup>1</sup> y Taylor-Espinosa Nidia<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México

mallendea@ingen.unam.mx

El fenómeno de las brisas es de gran importancia en las zonas costeras, no sólo por el impacto que tienen en la dinámica atmosférica local, sino también por la influencia que tienen en la variabilidad espacio-temporal de los procesos costeros adyacentes. En este trabajo se estudió la componente diurna del viento, asociada al fenómeno de las brisas y su variabilidad con respecto a la llegada de un frente frío, en Sisal, Yucatán, México, una comunidad ubicada al noroeste de la Península de Yucatán (YP). Se describen las condiciones medias de la atmósfera en distintas escalas de tiempo, así como su variabilidad espacial. Para ello se implementó el modelo numérico de mesoescala WRF con tres dominios anidados y con una resolución espacial de 3.6 km en el dominio más fino. El modelo fue validado con observaciones de toda la región de la YP, y reproduce adecuadamente la velocidad y dirección del viento. Se hizo un ajuste de mínimos cuadrados a la señal diurna para posteriormente ajustar una elipse y obtener la odógrafa del viento diurno. Los resultados obtenidos sugieren que la brisa terrestre, con intensidades de viento superiores a 10 ms<sup>-1</sup>, se extiende a más de 100 km de la costa al norte de YP. La interacción entre la brisa marina y el viento medio que actúa en la dirección opuesta (vientos alisios del NE) genera una línea de convergencia que cruza la península. Los resultados nos permiten identificar los mecanismos responsables de la gran amplitud de la señal diurna en esta región, y está relacionada con: (i) el gradiente térmico, (ii) el valor relativamente pequeño de la fuerza de Coriolis, (iii) la orografía, (iv) la fricción, y (v) la geometría de la península. Por otra parte, cuando las brisas locales interactúan con un Norte o frente frío, la señal diurna permanece, excepto el día en el que el frente llega a la zona de estudio. Aunque los eventos de las brisas son causados por el calentamiento diferencial a una pequeña escala espacial (local), particularmente en el GoM, esta señal diurna excede dicha escala espacial.

CCA-21

## ANALYSIS OF DIFFERENT PERTURBATION SOURCES FOR A HIGH-RESOLUTION ENSEMBLE FORECAST SYSTEM

González Mayor Yandy y Gross Markus

Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE

yandy@cicese.edu.mx

Initial state and model error uncertainties are characteristics of numerical weather prediction systems. Generally, those uncertainties are estimated using ensemble forecasts. In this research, we analyze the performance of a range of perturbation methods. The methods explored are Random (RM), Breeding Vector (BV), and stochastic parameterizations (SKEBS). Using a high spatial resolution forecast, we seek an optimal set of ensemble members that maximize precipitation spread and optimize verification metrics. We found that SKEBS-perturbed members showed the highest perturbations growths in the simulation, followed by the BV members. Contrary to SKEBS and RM, the BV simulations showed more dispersion of the growth rates. It appears that the growth rate behavior can be predicted by the overall

potential energy computed from the initial perturbations. No average bias was found withing the BV members. Unexpectedly, a more substantial bias was found for the slower growing RM members.

CCA-22

## INFLUENCIA DE LA AMPLIFICACIÓN DEL ÁRTICO EN LA VARIABILIDAD DE LA CORRIENTE DE CHORRO

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

Se ha experimentado y demostrado que la pérdida de hielo en los polos tiene efectos en la circulación meridional de la atmósfera. En este trabajo se estudió el comportamiento de largo periodo de la corriente de chorro cuando la extensión en el hielo marino del Ártico (EHMA) es modificada. Con ayuda de un modelo numérico global (CESM), con hielo marino y temperatura superficial del mar prescritos se realizaron tres simulaciones experimentales más una de control. Los experimentos consistieron en modificar la extensión de hielo marino en el Ártico de tal manera que nos permita observar las respuestas de la atmósfera en latitudes medias, especialmente en la corriente de chorro. Se comparó la temperatura potencial y viento zonal en cortes meridionales en el Pacífico Este, y se analizaron las estadísticas de posición en latitud y la intensidad de la corriente de chorro. Se encontró que la corriente de chorro es más débil cuando la EHMA es menor y se intensifica cuando es mayor (en el periodo invernal), además de observar un enfriamiento en niveles estratosféricos e intensificación del viento zonal, en regiones del vórtice polar estratosférico.

CCA-23 PLÁTICA INVITADA

## CARBONO NEGRO EN MÉXICO

Peralta Oscar<sup>1</sup> y Ortíz-Alvarez Abraham<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
oscar@atmosfera.unam.mx

Concentraciones atmosféricas de carbono negro se midieron en dos sitios urbanos (Ciudad de México y Monterrey), un sitio suburbano (Querétaro) y un sitio de gran altitud (Altzomoni) durante 2015 y parte de 2016. Estas concentraciones se compararon con gases criterio. Existe una fuerte correlación con el monóxido de carbono en los sitios urbanos. El coeficiente de correlación de monóxido de carbono y carbono negro para el sitio de muestreo de la Ciudad de México es 0.77. Las concentraciones de carbono negro reportadas aquí son parte de la línea de base de concentraciones atmosféricas para evaluar políticas de mitigación de emisiones, con un horizonte de 50% para 2030. Los sitios urbanos tenían una concentración promedio de carbono negro de más de 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el suburbano sitio 0.75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el sitio de gran altitud 0.27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En comparación con estudios anteriores, las concentraciones promedio son comparables, y los sitios urbanos y suburbanos mostraron una tendencia a aumentar las concentraciones de carbono negro atmosférico al final del año. El carbono negro también se midió en otros tres lugares (Guadalajara, Cuernavaca e Iztapalapa), pero durante menos de un año. Ésta es la primera vez que un país latinoamericano mide el carbono negro de forma continua en varios sitios durante más de unos pocos meses, aplicando las mismas garantías de calidad de datos.

CCA-24

## EXTINCIÓN DE LA LUZ Y CONCENTRACIÓN DE CARBONO NEGRO EN PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS EN CIUDAD DE MÉXICO Y QUERÉTARO

Lián Abanto Rafael Nery<sup>1</sup>, Peralta Rosales Oscar<sup>2</sup>, Salcedo González Dara<sup>3</sup>, Ruiz Luis Gerardo<sup>4</sup>, Arnot Patrick<sup>4</sup>, Paredes Miranda Guadalupe<sup>4</sup> y Castro Telma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM 2.  
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman Tacna, Perú

<sup>2</sup> CCA, UNAM

<sup>3</sup> UMDI-Juriquilla, Facultad de Ciencias, UNAM, Querétaro, México

<sup>4</sup> Departments of Physics, University of Nevada Reno, USA  
rafael.lian@atmosfera.unam.mx

En Ciudad de México (UNAM) y Querétaro (JQRO), se midieron el coeficiente de extinción (B ext) de la luz y la concentración de carbono negro (BC) de las partículas atmosféricas con un Extintómetro Fotoacústico (Photoacoustic Extinctionmeter, PAX) a una longitud de onda de 870 nm. Estas mediciones se realizaron del 01 de noviembre de 2014 al 31 de julio de 2016. La finalidad de este trabajo fue estudiar las tendencias estacionales del B ext y BC. En la UNAM, los valores promedio del coeficiente de extinción durante las temporadas seca fría, seca caliente y lluviosa fueron 50.3, 39.8 y 44.1  $\text{Mm}^{-1}$ , respectivamente. En JQRO, para las mismas temporadas, los valores fueron de 15.8, 16.6 y 18.9  $\text{Mm}^{-1}$ . Los valores promedio de la concentración en masa del carbono negro en la UNAM, durante las temporadas seca fría, seca caliente y lluviosa fueron 3.1, 2.7 y 2.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Por su parte, en JQRO fueron 1.0, 1.0 y 0.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . aumenta rápidamente desde las 03:00-04:00 hora local (HL) hasta alcanzar sus valores máximos entre 10:00-11:00

HL (temporadas secas) y 12:00-13:00 HL (temporada de lluvias). En UNAM el aumento de B ext por la mañana presenta dos etapas bien marcadas, la primera relacionada con las emisiones primarias de aerosoles dispersantes y absorbentes, donde el B ext aumenta rápidamente; mientras que la segunda, vinculada a la generación fotoquímica de aerosoles secundarios, donde el B ext aumenta más lentamente. En JQRO durante las tres temporadas, B ext sigue tendencias diarias similares, alcanzando sus valores máximos simultáneamente a las 08:00-09:00 hora local. En la UNAM, el coeficiente de extinción es aproximadamente tres veces mayor que en JQRO. En todas las temporadas el BC alcanza sus máximos temprano por la mañana. Estos resultados indican una contribución dominante de los vehículos diésel al BC de la mañana. Los resultados sugieren una variabilidad estacional en las propiedades ópticas del aerosol en los dos sitios, lo que debe ser verificado con estudios de mayor duración.

CCA-25

## EVALUACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CARBONO NEGRO EN EL VALLE DE TOLUCA 2010

De la Cruz Granado Ana Karen y Peralta Rosales Oscar  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
kgranado@atmosfera.unam.mx

De la Cruz Granado Ana Karen<sup>1</sup>, Peralta Oscar<sup>2</sup> 1Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510 2 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510 Considerando que el carbono negro (black carbon, BC) es una fracción de los aerosoles carbonáceos y debido sus propiedades, tales como la absorción de la radiación solar en un amplio rango de longitudes de onda –que tiende a incrementar la temperatura ambiente- y su reducido diámetro aerodinámico –menor a 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  -, su presencia en la atmósfera resulta dañina para el ambiente y la salud humana. El carbono negro es formado por combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa y, como resultado, las grandes ciudades tienen enormes cantidades de este contaminante (EPA, 2010). Para estimar la concentración atmosférica de BC, se utilizan herramientas como los inventarios de emisiones. En el caso del Valle de Toluca, es importante tener un inventario preciso dado que la se tienen 2 152 150 habitantes en el área (COSEPO 2014). Sin embargo, el BC no es medido en dicha zona. En 2004 se creó un inventario de emisiones; en dicho documento se registró la concentración de ciertos contaminantes, tales como el material particulado PM10 y PM2.5, monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx) (SMAGEM 2004). En ese inventario, el BC no fue incluido; sin embargo, en 2010 se creó un nuevo inventario únicamente para BC. Éste fue elaborado a partir de estimaciones que tomaron como base las concentraciones de PM2.5 y CO reportadas en el inventario de 2004 y algunos factores de emisión (SMAGEM 2010). Dada la incertidumbre de los resultados, durante febrero-abril de 2017 el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) realizó una campaña de medición de carbono negro atmosférico en 3 sitios del Valle de Toluca: Paseo Tollocan (Toluca), Tecnológico de Monterrey (Zinacantepec) y la Primaria López Mateos (San Antonio la Isla). Con la ayuda de dichas mediciones, se calculará la concentración atmosférica de BC. Hasta el momento, el procesamiento de datos ha dado a conocer que se tiene un incremento de emisión de BC entre 6-9 am en todos los sitios de estudio y que la cantidad de BC disminuye durante los fines de semana, asociando así en gran medida, la emisión de BC a las actividades antropogénicas. REFERENCIAS COSEPO 2014. Consejo Estatal de Población, Gobierno del Estado de México. [http://coespo.edomex.gob.mx/zonas\\_metropolitanas](http://coespo.edomex.gob.mx/zonas_metropolitanas) EPA. (2010). Report to Congress on Black Carbon. United States Environmental Protection Agency . USA: United States Environmental Protection Agency . SMAEM (2004). Inventario de emisiones de la zona metropolitana del Valle de Toluca. Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, Estado de México. SMAEM. (2010). Fuentes de emisión de Carbono Negro en el Estado de México. Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, Estado de México

CCA-26

## ESPECIACIÓN QUÍMICA DEL AEROSOL ORGÁNICO ATMOSFÉRICO CON ALTA RESOLUCIÓN TEMPORAL

Martínez Domínguez Yadira Margarita<sup>1</sup>, Rivera Hernández Olivia<sup>2</sup>, Retama Hernández Armando<sup>2</sup> y Amador Muñoz Omar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup> Sistema de Monitoreo Atmosférico, Secretaría de Medio Ambiente, Tlaxcoaque Núm. 8, Ciudad de México.  
mago\_svd@hotmail.com

En la atmósfera, el aerosol atmosférico está conformado por partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en el aire, consideradas como indicadores de la contaminación del aire. Estas partículas se emiten tanto por fuentes móviles o fijas, de manera natural o antropogénica y de acuerdo con su origen, condiciones meteorológicas y mecanismos de formación, definen su composición química. El material particulado está asociado con efectos adversos en la salud que generalmente dependen de su composición química, su masa y el tiempo de exposición. Por lo tanto, la abundancia, el comportamiento temporal y las fuentes de emisión son motivo para evaluar el riesgo sobre la salud humana. Durante el 5 de noviembre hasta el 14 diciembre de 2018 se llevó a cabo la especiación química de las partículas #2.5

$\mu\text{m}$  (PM2.5) colectadas con resolución horaria empleando un equipo de última generación llamado termodesorbedor de aerosoles acoplado a un cromatógrafo de gases en tándem con un espectrómetro de masas (TAG/GC-MS). El sitio de muestreo fue en el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), UNAM, al suroeste de la Ciudad de México. Se realizó el análisis de 83 especies orgánicas contenidas en cinco familias: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), oxi-HAP, n-alcanos, aldehídos y ftalatos. Se observó mayor abundancia de HAP durante la mañana porque son marcadores de fuentes vehiculares, diferente comportamiento se observó para el caso de ftalatos ya que son de origen industrial. Algunos oxi-HAP correlacionaron con los HAP porque comparten la misma fuente, sin embargo, otros no se asociaron porque se forman en la atmósfera. Los n-alcanos tienen origen tanto antropogénico como biogénico, el dominio de la fuente depende de la hora del día. La especiación química de las PM2.5 es importante para conocer el grado de toxicidad y el riesgo que representan para la salud de la población, con ello, se pueden proponer públicas para su control y/o eliminación. Agradecimientos: Este proyecto se ha llevado a cabo en colaboración con el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México. Los autores agradecen el financiamiento del proyecto al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) No. IN102519: Determinación de contaminantes orgánicos atmosféricos emitidos y formados, combinando especificidad y resolución temporal. MDYM agradece a CONACYT la beca otorgada para llevar a cabo los estudios de Maestría y al Posgrado de Ciencias de la Tierra de la UNAM por el apoyo para exponer el presente trabajo.

CCA-27

## ESTIMACIÓN DE DEPOSICIÓN DE POLVO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

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

Durante el otoño e invierno ocurren tormentas de polvo causadas por los vientos de Santa Ana en el noroeste de México. Este fenómeno meteorológico extremo puede provocar el deterioro del suelo a través de la erosión eólica, y la contaminación del ambiente al aumentar la concentración de partículas de polvo en el aire sobre zonas urbanas. A pesar de estos efectos negativos, la interacción entre el polvo transportado por la atmósfera y el Golfo de California podría tener efectos positivos en la mineralización y productividad del golfo. El caso del evento severo de octubre del 2007 fue analizado aplicando el modelo atmosférico Weather Research and Forecasting con un módulo químico acoplado (WRF-CHEM) y el modelo lagrangiano HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory). La llegada de los vientos de Santa Ana al noroeste de México causó la emisión de polvo en las regiones desérticas que rodean al Golfo de California como el Desierto de Altar y la costa de Sonora. La concentración promedio de polvo sobre la parte norte del Golfo de California alcanzó un máximo de 6543.76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en superficie. El área del Desierto de Altar y la costa de Sonora contribuyeron a la emisión de decenas de miles de toneladas de polvo, depositándose una fracción importante sobre la superficie del Golfo de California. Se muestran estimaciones de estos procesos. Los mapas de distribución muestran que el polvo se depositó principalmente en la parte norte del Golfo de California, inmediatamente frente a las costas del Desierto de Altar y en la costa oeste de Sonora.

CCA-28

## VARIABILIDAD Y ESTRUCTURA DE LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO

Burgos Cuevas Andrea<sup>1</sup>, Adams David<sup>1</sup>, Ruiz Angulo Angel<sup>2</sup>, Magaldi Hermosillo Adolfo<sup>1</sup> y Grutter Michel<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Vedurstofa Islands  
 andreab.app@gmail.com

La caracterización de la capa límite atmosférica sobre una zona urbana como la Ciudad de México resulta de gran importancia para estudiar episodios de mala calidad del aire. Las principales herramientas observacionales que se tienen para este estudio son las radiosondas y los lidars; ya que ambos arrojan datos en la vertical. Sin embargo ambos aparatos difieren enormemente en variables medidas y sobretodo en su resolución espacial y temporal. En el presente estudio se utilizan los datos de ambos aparatos en la Ciudad de México para caracterizar la estructura de la capa límite atmosférica así como su variabilidad estacional. Por un lado, se analizan los perfiles verticales de temperatura y temperatura potencial virtual obtenidos de los radiosondeos durante 28 años. Con estos datos se encuentran las estructuras de estratificación más comunes en la Ciudad de México así como su recurrencia a lo largo del año. Además se estudia la variabilidad estacional de la intensidad de dichas inversiones. Por otro lado, gracias a los datos de lidar, se estima la altura de la capa límite atmosférica y se muestran algunos de los alcances del lidar Doppler de la RUOA operando en Ciudad Universitaria. Finalmente, se efectúan algunas comparaciones entre ambos aparatos para un mejor entendimiento en conjunto de la capa límite en esta área urbana.

CCA-29

## DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO AMBIENTAL MEDIANTE EL USO DE DATOS DE LIBRE ACCESO

Villarreal Samuel<sup>1</sup>, Guevara Mario<sup>1</sup>, Alcaraz-Segura Domingo<sup>2</sup> y Vargas Rodrigo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Delaware  
<sup>2</sup>Universidad de Granada  
 samvilla@udel.edu

Existe la necesidad de optimizar recursos para el monitoreo ambiental a gran escala, especialmente en los países en vías de desarrollo. En este trabajo desarrollamos un protocolo flexible para optimizar el diseño (i.e., selección de sitios de estudio) de una red de monitoreo ambiental (RMA), mediante el uso de datos de libre acceso para México. Este país representa un reto en el diseño de RMA por su megadiversidad y por su gran heterogeneidad climática y ecológica. Se afrontaron tres retos comunes en el diseño de RMA: 1) Cómo caracterizar y delinear áreas ecológicamente similares, 2) Cómo definir sitios prioritarios para establecer nuevos sitios de estudio, 3) Como evaluar la representatividad de los puntos actuales de mediciones y la de nuevos sitios. Se implementaron análisis de clasificación de grupos del tipo no-supervisados para delimitar dominios de muestreo ecológicamente similares. Posteriormente se identificaron los sitios con las características ambientales más representativas dentro de cada dominio mediante la técnica de Hipercono Latino condicionado. Finalmente, se demostró la aplicabilidad de este protocolo mediante la evaluación de la representatividad espacial de la red de covarianza de vórtices en México (i.e., MexFlux). Los resultados indican que se necesitan por lo menos 84 sitios de muestreo estratégicamente distribuidos para representar > 45% de la heterogeneidad espacial de la dinámica de la productividad primaria bruta (PPB; PPB\_media y PPB\_cv) al igual que la dinámica de la evapotranspiración (ET; ET\_media y ET\_cv) a nivel nacional. La representatividad actual de MexFlux es de únicamente el 3% de PPB y del 5% de la ET, sin embargo, el mismo número de sitios de estudios distribuidos de manera estratégica incrementa la representatividad al 8% para ambas variables. El protocolo aquí desarrollado se basa en una aproximación basada en datos y en fuentes de información de libre acceso, por lo cual dicho protocolo puede adaptarse a estudios similares en cualquier parte del mundo.

CCA-30

## UN ACERCAMIENTO SIMPLE A LAS EMISIONES FUTURAS DE GEIS Y LOS DIFERENTES OBJETIVOS DE INCREMENTO EN LA TEMPERATURA GLOBAL PARA EL 2100

Gay García Carlos y Sánchez-Meneses Oscar Casimiro  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México  
 cgay@unam.mx

Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero que se han proyectado en función de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP), propuestas como eje de trabajo para el 6º Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), son analizadas desde una perspectiva global tomando como referencia las Trayectorias de Concentraciones Representativas (RCP) y una propuesta de trayectorias de emisiones de CO2 construidas a partir de líneas rectas y poligonales las cuales han sido diseñadas con el propósito de ajustarse a límites de incrementos en la temperatura global establecidos en términos de umbrales como 1, 2, 3 °C. Se analiza también, como un caso particular, el umbral de 1.5 °C con respecto al año 1990. El análisis incluye una propuesta de intervalos de incertidumbre elaborados mediante un algoritmo de lógica difusa y que están relacionados con la sensibilidad del sistema climático. El valor de dicha sensibilidad fue establecido dentro del rango de 1.5 a 4.5 °C/W/m2, en el 5º Informe de Evaluación del IPCC. Como resultado se ha encontrado que, finalmente, las temperaturas proyectadas según las distintas SSP y RCP quedan contenidas dentro de trayectorias lineales simplificadas, lo que facilita su análisis y, por otro lado, que las trayectorias deseables de emisiones totales futuras de CO2 deberán, en algún momento del presente siglo, reducirse drásticamente, incluso hasta valores negativos, para poder mantener vigentes los objetivos de incrementos en la temperatura global de 1, 2 y 3 °C para el año 2100.

CCA-31 PLÁTICA INVITADA

## AIRCCA: UN MODELO INTEGRADO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA

Estrada Porrúa Francisco<sup>1</sup>, Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup> y Botzen Wouter<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, CCA  
<sup>2</sup>Institute for Environmental Studies (IVM-VU)  
 fepporua@atmosfera.unam.mx

Se espera que la agricultura sea el sector socioeconómico con mayores afectaciones por cambio climático y que los cambios en la productividad agrícola podrían impactar la seguridad alimentaria a nivel global, regional y local. Alrededor de dos tercios de la ingesta calórica en la dieta humana proviene de tres cultivos globales principales: maíz, trigo y arroz. La mayor parte de los estudios sobre los impactos del cambio climático en la agricultura se basan en modelos estadísticos o en modelos biofísicos de cultivos y por lo general en un número limitado de posibles escenarios climáticos,

lo cual no permite tener una idea del riesgo asociado a cada escenario de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, dado que en general los estudios se realizan para escalas geográficas limitadas, es difícil comparar resultados entre regiones e integrar los mismos en escalas mayores. En este trabajo presentamos un modelo que combina elementos de modelación integrada, modelos econométricos de datos en panel y simulación estadística para producir un emulador de uno de los modelos biofísicos de cultivos más comúnmente utilizados en la literatura. Este emulador permite generar escenarios de cambios en rendimientos para maíz, trigo y arroz, estimar las probabilidades marginales y conjuntas de rebasar umbrales en rendimientos, así como evaluar el riesgo que implican distintas trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero. Este modelo de emulación es global (resolución espacial de  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ ), considera tres horizontes temporales y todas las realizaciones de los modelos de circulación general disponibles en el CMIP5 para los cuatro escenarios de emisiones RCP.

CCA-32

## EVALUACIÓN DEL PELIGRO POR SEQUÍA EN LA AGRICULTURA MEDIANTE INFORMACIÓN GEOESPACIAL

Ortega-Gaucin David<sup>1</sup>, Ordoñez Sánchez Alejandro<sup>1</sup>,  
De la Cruz Bartolón Jesús<sup>1</sup> y Pérez Bravo Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
dortega@taloc.imta.mx

La sequía es uno de los fenómenos climatológicos que causan mayores pérdidas económicas en la agricultura y que tienen un impacto directo sobre la seguridad hídrica y alimentaria en diversas partes del mundo. Actualmente existen diversas herramientas y metodologías que permiten realizar el monitoreo de la sequía mediante imágenes de satélite e información geoespacial. Una de estas herramientas es el Sistema del Índice de Estrés Agrícola en su versión País (ASIS-País), desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) con el propósito de apoyar a los países en el fortalecimiento de sus sistemas de monitoreo y alerta temprana de sequía en la agricultura. Este sistema se basa en información satelital y tiene como objetivo simular el análisis que un experto en sensores remotos haría y simplificar los resultados en forma de mapas para los usuarios finales. Así, el objetivo del presente trabajo consiste en implementar y evaluar en México la potencialidad del sistema ASIS-País para realizar el monitoreo periódico y la previsión probabilística de la sequía en zonas agrícolas. Para ello, se ha elegido como zona de estudio piloto el estado de Zacatecas, cuya actividad agrícola ha sido severamente afectada por la sequía en los últimos años. Los resultados preliminares indican que la herramienta ASIS-País, calibrada con información de campo a nivel estatal y municipal (mapa de cobertura de cultivos, fechas de siembra y cosecha, coeficientes de cultivo y estadísticas de producción agrícola), permite detectar con bastante precisión los periodos de estrés hídrico, identificando las áreas agrícolas que presentan mayor probabilidad de ocurrencia de sequía.

CCA-33

## FACTORES METEOROLÓGICOS QUE MODULAN LA ROYA DEL CAFETO EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia<sup>1</sup>,  
Guerrero-Parra Hilda Adriana<sup>2</sup> y Martínez López Benjamín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, CCA

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera

<sup>3</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera  
mlce@atmosfera.unam.mx

La roya del cafeto es la enfermedad más destructiva para los cultivos de café y la de mayor importancia económica a nivel mundial. Esta enfermedad causa la caída prematura de las hojas, así como el debilitamiento de los árboles, lo cual se traduce en disminuciones significativas de la producción de granos de café, representando un grave peligro para la actividad cafetalera de México, noveno productor mundial. La agresividad de la enfermedad está relacionada con las condiciones meteorológicas que favorecen la germinación, el desarrollo y la producción de las esporas del hongo causante de esta enfermedad, así como su transporte en el aire dentro y fuera del dosel de los cultivos de café. El objetivo de este trabajo fue determinar las condiciones meteorológicas que modulan el desarrollo, liberación y transporte de las esporas a diferentes alturas del cultivo del café, utilizando métodos aerobiológicos en dos parcelas (Pacho Viejo y Teocelo), con condiciones orográficas diferentes en el centro del estado de Veracruz, durante los años de 2014 y 2015. Las esporas fueron colectadas del aire de ambas parcelas utilizando varias clases de trampas de esporas. En ambas localidades, se detectaron esporas en trampas pasivas colocadas a 1.5, 3, 6 y 9 metros de altura, registrándose las más altas concentraciones en julio y agosto de ambos años, coincidiendo con el periodo de disminución de lluvias conocido como la Canícula. Las concentraciones de esporas en Teocelo, aumentaron considerablemente en 2015, debido probablemente a una disminución de la temperatura durante los meses de febrero y marzo, lo que llevó a un precondicionamiento de las esporas favoreciendo su germinación en los meses posteriores. Durante julio y agosto de 2015, se presentaron en Teocelo elevadas concentraciones de esporas a 9 m de altura en Teocelo, pero no en Pacho Viejo.

Un análisis de los vientos de la región, sugiere que las condiciones de viento del 2015 favorecieron la dispersión de las esporas por arriba del dosel de los árboles en Teocelo.

CCA-34

## EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CULTIVO DE LA PAPA Y EL TABACO

Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup>, Estrada Porrúa Francisco<sup>1</sup>, Hernández Mansilla Alexis<sup>2</sup>, Velasco Vinasco Julián Andrés<sup>1</sup> y Binimelis de Raga Graciela Lucía<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Cuba  
calderon@atmosfera.unam.mx

Se calcula un índice de desarrollo (ID) a partir de los umbrales térmicos de desarrollo para la papa (*Solanum tuberosum*) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*) que se encuentran entre 7°C y 30°C teniendo un óptimo entre 17°C y 25°C para la papa y de 14°C a 40°C con un intervalo óptimo entre 18°C a 28°C para el tabaco, y empleando un modelo de evaluación integrado se evalúan los impactos económicos del cambio climático en estos cultivos desde 2010 al 2100 considerando diferentes escenarios de emisiones y así determinar los niveles de riesgo que tendrá el desarrollo de estos cultivos. En Cuba el periodo de siembra-cultivo de la papa es de 180 días (días óptimos de noviembre a abril) con un ID promedio de 0.7 para el periodo 1980 a 2010, para el RCP 2.6 oscila en este valor para el periodo 2010 a 2100 y para el RCP 8.5 disminuye paulatinamente a 0.5 para el 2060 y 0.3 para 2100 con una reducción de días óptimos de siembra-cultivo de 180 a 80 para el 2060 y 40 al 2100.

CCA-35

## IMPACTOS DE CATÁSTROFES CLIMÁTICAS EN LA BIODIVERSIDAD

Velasco Vinasco Julian Andres<sup>1</sup>, Estrada Porrúa Francisco<sup>1</sup>, Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup>, Ureta Sánchez Carolina<sup>1</sup> y Gay García Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México  
javelasco@atmosfera.unam.mx

Los impactos potenciales del cambio climático en biodiversidad han sido un campo de investigación prominente por muchos años. Sin embargo, poco se conoce del impacto potencial de cambios climáticos abruptos o catástrofes climáticas. La probabilidad de acontecimiento de estos eventos es bastante desconocida pero los riesgos asociados se espera que sean tan grandes que podrían influir en la política climática global y el manejo del riesgo. Usando un estado del arte de simulaciones climáticas (océano-atmósfera) presentamos la primera evaluación global de los impactos conjuntos de un escenario de alto calentamiento (RCP 8.5) y cuatro niveles de derretimiento de la gran capa de hielo de la Groenlandia sobre los patrones de déficit de diversidad taxonómica y filogenética de anfibios a nivel global. Encontramos un declive extensivo en la favorabilidad climática para muchas especies endémicas a través de diferentes grupos taxonómicos, rasgos de historia de vida y regiones biogeográficas en los diferentes escenarios de derretimiento rápido y masivo de la Groenlandia. Aunque encontramos que la pérdida de especies en ensambles ocurre a través del mundo, la mayor proporción de pérdida de especies ocurre en las zonas templadas (Neártico y Paleártico). Los impactos proyectados en las distribuciones fueron no líneas a través de escalas espaciales y temporales. Estos resultados resaltan la necesidad de expandir el conocimiento acerca de las consecuencias de catástrofes climáticas sobre sistemas naturales y humanos y sugieren que estas evaluaciones podrían cambiar el conocimiento actual de los riesgos del cambio climático y los beneficios de evitar una interferencia antrópica con el sistema climático actual.

CCA-36

## DISEÑO DE SENSORES HUMEDAD Y ESTACIÓN DE RIEGO AUTÓNOMA APLICADA EN SUELOS AGRÍCOLAS

Sandoval Quintana Osiris, Cazarez Barboza Marco Anyelo y Carrillo-Vargas Armando  
Instituto de Geofísica UNAM, IGEF-UNAM  
luth\_osq@hotmail.com

Se presentan el diseño y construcción de sensores de humedad tipo resistivos de bajo costo para el monitoreo de humedad en suelos agrícolas. Al mismo tiempo se presenta su implementación en una estación de riego autónoma, que utiliza la energía solar para su funcionamiento, capaz de controlar el recurso hídrico necesario para cada tipo de cultivo, lo que permite ahorros sustanciales de agua sin afectar la productividad, calidad y rentabilidad de los huertos. El proyecto se encuentra en fase de evaluación implementada en huertos de limón en la comunidad de Nocupétaro, Estado de Michoacán. El proyecto tienen una etapa de adquisición de datos de variables física: temperatura, presión relativa, humedad relativa, entre otros que permitirá iniciar una caracterización del suelo donde se implementó el sistema, generando una base de datos para estudios posteriores.

## CCA-37 CARTEL

### FACTORS INVOLVED IN THE TRANSITION FROM SHALLOW TO DEEP CONVECTION IN THE TRADE WIND REGION

Díaz Esteban Yanet y Raga Graciela  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
yanet.diaz.esteban@gmail.com

General circulation models often misrepresent the diurnal cycle of convection over land, exhibiting a peak in rainfall that occurs earlier than in reality. This issue has implications for the estimation of the surface water balance and for the representation of cloud radiative effects; it is therefore important to provide insight into this aspect to better inform global and regional models. The present study uses an observational approach to investigate the factors influencing the transition from shallow to deep convection in the trade wind region. The study is centred in the Yucatan Peninsula in eastern Mexico, a region with mostly flat topography and small variability in terms of land cover. In this region, during summertime -and under no significant synoptic forcing- two regimes of convection are observed to coexist: a shallow cumulus regime, usually with little or no precipitation associated, and an afternoon deep convection regime, with large amounts of precipitation, preceded by a short period of shallow convection. The methodology employed consists in the comparison of meteorological fields at the surface and vertical levels for the two different convection regimes, in order to answer the question of what are the meteorological factors involved in the development of deep convection in this region. Analysis is focused on convective events limited to a diurnal cycle, and that are under minor synoptic influence. Moreover, an analysis of the relationship of meteorological variables with the transition and precipitation amounts is performed, only for deep convection regime days. Data from reanalysis (ERA5), atmospheric soundings and the ground based GPS network are employed. Preliminary results indicate the relevance of dynamic factors, such as the meridional component of wind, as well as thermodynamic variables, such as specific humidity in the shallow cumulus layer, in the transition from shallow to deep convection.

## CCA-38 CARTEL

### ANÁLISIS DE EVENTOS CONVECTIVOS EN EL NOROESTE DE MÉXICO PARA EL CICLO ANUAL 2018-2019

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

Se analizan los procesos de convección profunda generadores de nubes de tormenta Cumulonimbus (Cu) para la región Noroeste de México. El sensor MODIS detecta los sistemas convectivos mediante datos diarios de productos de nubes como: grosor óptico de la nube, presión y temperatura al tope de la nube, cobertura de nube, contenido de agua de la nube, entre otros. Se caracteriza la frecuencia, así como la distribución espacio temporal de dichos procesos permitiendo la cuantificación de los eventos de convección en esta zona del país. La estadística permite conocer aspectos relevantes de los eventos convectivos y relacionarlos con episodios de lluvias intensas cuya distribución explica el tipo de vegetación presente. Los resultados se presentan con una resolución espacial de 0.05°, lo que permite un análisis local de la convección y su relación con la topografía. La intención es tener una distribución espacio-temporal de las tormentas severas derivadas de estos fenómenos convectivos y también conocer el comportamiento de las variables meteorológicas relacionadas con dichos procesos.

## CCA-39 CARTEL

### ESTUDIO DE TRES CASOS DE TIEMPO SEVERO CON SIMULACIONES DE ALTA RESOLUCIÓN PARA EL SALVADOR UTILIZANDO UN MODELO ATMOSFÉRICO REGIONAL

Ochoa Moya Carlos Abraham<sup>1</sup>, Castro Christopher L.<sup>2</sup> y Quintanar Arturo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, CCA-UNAM  
<sup>2</sup>Departamento Hidrología y Ciencias Atmosféricas, Universidad de Arizona  
carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Los efectos de los eventos extremos asociados al cambio climático global, han ido en aumento en países de Centroamérica como El Salvador. En este estudio, se utiliza un modelo atmosférico regional para hacer simulaciones retrospectivas de tres casos de eventos extremos a resoluciones espaciales que permiten la convección utilizando el reanálisis ERA Interim para forzar al modelo regional en las fronteras. Estos eventos causaron impactos importantes en El Salvador de acuerdo con el ministerio de recursos naturales y medio ambiente. Las simulaciones a resoluciones que permiten la convección pueden dar un valor agregado importante a la hora de representar eventos de precipitación extrema, sin embargo estos resultados son muy dependientes de las condiciones iniciales. Esto hace que obtener simulaciones con un desempeño aceptable a la hora de representar sistemas convectivos de mesoescala en áreas donde no hay muchos datos observados sea un reto importante. Por otro lado, cuando un evento es producido por condiciones de escala sinóptica que son claramente representadas en el reanálisis,

las simulaciones a resoluciones que permiten la convección muestran buenos resultados al compararlos con observaciones.

## CCA-40 CARTEL

### VARIABILIDAD INTRAESTACIONAL DEL VAPOR DE AGUA PRECIPITABLE EN LA REGIÓN DEL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA

Hernández Alfaro Jaime<sup>1</sup>, Adams David<sup>1</sup> y Castro Christopher L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>The University of Arizona

jhernandez@atmosfera.unam.mx

La región semi-árida y montañosa del noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos es afectada por el monzón de Norteamérica entre los meses de julio y septiembre. El monzón genera precipitaciones intensas, las cuales son de gran importancia en las diferentes actividades que se realizan en la región, como por ejemplo la agricultura. El vapor de agua precipitable (PWV) es una variable que nos indica el contenido de agua disponible presente en una columna atmosférica. Se ha demostrado que en regiones tropicales, PWV y la convección profunda están íntimamente relacionados, específicamente en la ocurrencia e intensidad de las lluvias convectivas. Al contrario de la precipitación, que se mide de manera puntual cuando ocurre un evento, el PWV puede ser calculado en intervalos regulares (~5 minutos) gracias a la red de GPS presente en el área de estudio (SUOMINet), así como de campañas de recolección de datos realizadas en años recientes en México (TlalocNet, el North American GPS Transect 2013 y the North American GPS Hydrometeorological Experiment 2017). En esta misma línea, la detección de rayos nube a tierra se puede obtener de manera continua y en tiempo real. Estos datos observacionales son capaces de proporcionar una mejor serie de tiempo, si se compara con la serie de precipitación, y por consiguiente una mejor interpretación de su variabilidad intraestacional. En el caso del monzón de Norteamérica, se ha observado que el PWV exhibe un comportamiento regular en las estaciones ubicadas en el margen norte (desierto de Sonora y Arizona), desde el inicio de la estación monzónica (principios de julio) hasta aproximadamente el día 220 de cada año (alrededor del 8 de agosto). Sin embargo, cercano a esta fecha hay un brusco decaimiento en sus valores. En días posteriores, su variabilidad es mayor pudiendo llegar a presentar máximos cercanos a los alcanzados al inicio de la estación o mínimos por debajo del promedio. Curiosamente, el cambio en la frecuencia de la lluvias en agosto coincide con el enverdecimiento de la vegetación en la región, poniendo en duda la importancia de los fuentes terrestres de humedad como se ha argumentado en años recientes. Este cambio en el comportamiento en el PWV permite distinguir entre dos regímenes diferentes dentro del área de estudio. En este trabajo se muestran las principales configuraciones sinópticas que han dado origen a este fenómeno en años recientes con la ayuda del reanálisis ERA5, la identificación de las regiones de actividad convectiva severa con datos de rayos nube a tierra (Vaisala GLD360), así como un análisis de la variabilidad espacio-temporal del PWV a través de diferentes métodos estadísticos.

## CCA-41 CARTEL

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN (SPI) A PARTIR DE DATOS METEOROLÓGICOS PROCESADOS EN MALLA

Velazquez Zapata Juan Alberto<sup>1</sup> y Velázquez Serrano Cynthia Berenice<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CONACYT- El Colegio de San Luis, CONACYT

<sup>2</sup>El Colegio de San Luis

velazquez.conacyt@gmail.com

En este trabajo se realizó una comparación del Índice de Estandarizado de Precipitación (SPI) a partir de dos bases de datos meteorológicos en el periodo de 1971-1996 en la Cuenca del Río Valles, ubicada en la zona Huasteca de San Luis Potosí. Se calculó el SPI para cinco escalas de tiempo con valores de tres estaciones meteorológicas (datos de precipitación observados) y datos de precipitación interpolados en una malla espacialmente distribuida a una resolución de 1/16°. La comparación con las observaciones muestra que los datos procesados en malla subestiman la precipitación observada, principalmente en los meses de lluvia. Sin embargo, la evaluación muestra que podemos obtener resultados similares en el cálculo del índice del SPI con los valores de precipitación interpolados, por lo que este tipo de los datos meteorológicos son una alternativa factible para la estimación de los periodos de sequía y los periodos húmedos en regiones con poca información meteorológica observada.

## CCA-42 CARTEL

**STRUCTURAL CHANGE-POINTS IN THE NDVI TIME SERIES OVER MEXICO**Díaz Rodríguez Oscar Onoe<sup>1</sup> y Binimelis de Raga Graciela Lucía<sup>2</sup><sup>1</sup>Posgrado de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
oodr72@gmail.com

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is used to study the spatio-temporal variability in vegetation patterns over Mexico. A regionalization of the Mexican territory is introduced to study the behaviour of the NDVI time series with respect to changes in the precipitation time series. Time series for each region were analysed to determine structural change-points associated to potential abrupt changes, with both Mann and Pettit non-parametric statistical tests. Two precipitation databases, LIVNEH and CHIRPS, are also analysed to determine the average daily rain and their 99th percentile, in order to relate structural changes in the NDVI time series with potential changes in the precipitation series. The potential causes of NDVI changes were explored by analysing the influence of the precipitation patterns and the possible climatological origin of vegetation changes.

## CCA-43 CARTEL

**COMPARACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE PRECIPITACIÓN ENTRE ESTACIONES METEOROLÓGICAS, SATÉLITE Y UNA RECONSTRUCCIÓN CLIMÁTICA EN BAJA CALIFORNIA SUR**Villarruel Santillan Valeria Suridday y Ramos Rodríguez Alejandro  
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
valeriavillarruel88@gmail.com

Uno de los parámetros que es necesario conocer para establecer cualquier plan de manejo hídrico, estimaciones hidrológicas o modelación hidrológica es la precipitación de una región dada. Ello plantea un problema en un estado como Baja California Sur, donde la densidad poblacional es baja, y por ende la cantidad de estaciones meteorológicas, aunado a que éstas presentan una distribución demasiado dispersa en el estado. Asimismo, los datos para una región que no tenga estaciones se obtienen a partir de interpolaciones de estaciones circunvecinas. Ello incrementa en gran medida la incertidumbre de los datos empleados ya que pueden existir distancias de unos pocos a cientos de kilómetros entre estaciones. El presente trabajo muestra los resultados del comparativo de observaciones de estaciones meteorológicas con los datos observados por satélite (TRMM-Tropical Rainfall Measuring Mission) y una reconstrucción histórica como es la elaborada por el modelo CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) para el periodo 1998-2014. Se muestran observaciones espaciales con respecto a las estaciones, y un comparativo con series de tiempo para algunas estaciones del estado. Aunque las estimaciones de precipitación difieren entre las 3 fuentes de datos (alcanzando discrepancias de hasta 30-40% de la precipitación observada), hay diferentes casos donde el satélite resulta en mejores estimaciones y otras donde CFSR ofrece mejores resultados. El error observado parece ser constante, por lo que estas observaciones pueden utilizarse si se considera dicha variación. Asimismo, ofrecen una alternativa a zonas sin datos observacionales.

## CCA-44 CARTEL

**IDENTIFICACIÓN DE LOS NÚCLEOS DE GLACIACIÓN PRECURSORES DE LA FORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN NUBES DE FASE MIXTA EN ALTZOMONI**Silva Ma. de L. Montserrat<sup>1</sup>, García Rocío<sup>2</sup>, Pereira Diana<sup>2</sup>,  
Villa Jairo<sup>3</sup>, Raga Graciela<sup>2</sup> y Ladino Moreno Luis Antonio<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
montserratsilvac@outlook.com

Dentro de los impactos que tiene el aerosol atmosférico sobre el sistema climático, se encuentra la capacidad que tienen las partículas de aerosol para actuar como núcleos de glaciación (INPs) vitales para formar cristales de hielo a temperaturas mayores a -38°C. De los diferentes tipos de partículas de aerosol, las partículas de origen biológico han sido reconocidas como los catalizadores o INPs más eficientes. En las últimas décadas se ha observado un cambio en los patrones de precipitación en el territorio mexicano lo cual puede afectar diferentes sectores de la economía nacional. Las nubes mixtas son un factor importante en la regulación del ciclo hidrológico, ya que son las que generan la mayoría de la precipitación sobre los continentes, principalmente debido a la presencia de cristales de hielo dentro de estas. En este trabajo se colectaron muestras de agua de nube, agua de lluvia, y aerosol en el Observatorio Atmosférico Altzomoni, ubicado en el Parque Nacional Iztá-Popo. Altzomoni es un punto estratégico de muestreo dado que se encuentra a aproximadamente 4,000 metros s.n.m., lo que permite colectar en un mismo punto tanto agua de nubes medias como agua de lluvia. Además, es posible obtener muestras dentro de la capa límite (en horas de la tarde), así como dentro de la troposfera libre (en horas de la noche). El análisis de las habilidades de las muestras

colectadas para la formación de cristales de hielo se llevó a cabo con la ayuda de la técnica Droplet Freezing Assay (DFA). Esto con la finalidad de identificar las partículas que dentro de la nube fueron activadas como INPs y propiciaron la formación de la precipitación. De esta manera, se espera inferir si estos INPs provienen de fuentes locales o si por el contrario son transportadas desde grandes distancias hacia el Valle de México.

## CCA-45 CARTEL

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LOS NÚCLEOS DE GLACIACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO**Cabrera Segoviano Diego<sup>1</sup>, Ramírez Romero María Carolina<sup>2</sup>, Córdoba Benavides María Fernanda<sup>2</sup>, Binimelis de Raga Graciela Lucía<sup>1</sup> y Ladino Moreno Luis Antonio<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ciencias, UNAM<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
diegovianocabrera@ciencias.unam.mx

El aerosol atmosférico ha generado un interés multidisciplinario debido a los efectos que puede causar en el medio ambiente, en la química atmosférica, en la salud humana, en el ciclo del agua, y el sistema climático. Algunas de las partículas suspendidas en la atmósfera llevan a cabo una interacción Aerosol-Nube, en donde algunas partículas actúan como un núcleo de glaciación (INP, por sus siglas en inglés) o núcleo de condensación de nube (CCN, por sus siglas en inglés) influenciando la formación de nubes. Las nubes frías y de fase mixta son de suma importancia dado que como se muestra en Mulmenstadt et al. (2015), la mayoría de la precipitación en los continentes se da gracias a este tipo de nubes, las cuales contienen cristales de hielo. En la atmósfera, el proceso más común en la producción de cristales de hielo es la nucleación heterogénea, donde una partícula de aerosol funciona como un catalizador (o INP) facilitando el cambio de fase de agua líquida a hielo o de vapor de agua a hielo. A pesar de que los INPs han generado un gran interés en la comunidad científica en las últimas dos décadas, aún existe una gran incertidumbre sobre su impacto en el sistema climático. Por ejemplo, en la Ciudad de México la caracterización de INPs es muy limitada ya que a la fecha solo existe un estudio el cual se realizó durante la campaña MILAGRO en el 2006 (Knopf et al. 2010). En dicho estudio se encontró que el aerosol orgánico secundario (SOA) es el principal INP para esta zona urbana; sin embargo, actualmente se desconoce su concentración y variabilidad. Por tal motivo se realizó una recolección de partículas de aerosol para determinar la concentración y variabilidad de INPs en el sur de la Ciudad de México durante la época de secas cálidas por dos años consecutivos (2018 y 2019) usando la técnica Micro-Orifice Uniform Deposit Impactor – Droplet Freezing Technique (MOUDI-DFT). El análisis de estos resultados permitirá obtener una cuantificación aproximada sobre la concentración de INPs en la Zona sur de la Ciudad de México aunada a una comparación de la eficiencia de los INPs medidos entre el 2018 y el 2019 con los reportados en el 2006 por Knopf et al. (2010).

## CCA-46 CARTEL

**IMPACTO DE ONDAS TROPICALES EN MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN**Meza Landero Hiram Abif y Carbajal Pérez Noel  
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica  
hiram.meza@ipicyt.edu.mx

Las Ondas Tropicales (OT) u Ondas del Este, son perturbaciones en la corriente de los vientos Alisios que se desplazan de este a oeste desde las costas de África. Estas ondas tienen su origen en el Jet del Este Africano (JEA) donde se forman a partir de inestabilidades de baja amplitud en el mismo. Las Ondas del Este son de gran importancia para el desarrollo ciclónico en la cuenca del Atlántico Tropical. Estos sistemas son de gran importancia para la modulación de la precipitación estacional. Según información del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), en México se registran en promedio 32 OT por año. El estudio de la influencia de las OT sobre la humedad y precipitación en el país es de gran relevancia, principalmente para determinar las zonas que son mayormente afectadas. A su vez, es de gran interés la interacción que tienen este tipo de fenómenos con la orografía compleja de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur en el desarrollo de convección y precipitación sobre estas regiones.

## CCA-47 CARTEL

**AEROSOLES ANTROPOGÉNICOS DE NORTEAMÉRICA COMO MODIFICADORES DEL CLIMA MEXICANO**García Martínez Ivonne Mariela y Bollasina Massimo  
University of Edinburgh  
ivonne.garcia@ed.ac.uk

La región de México y Centroamérica está experimentando un rápido cambio climático, lo que tiene importantes implicaciones para la actividad humana y los ecosistemas. Entre los factores causantes del cambio climático, los gases de efecto invernadero (GEI, que calientan la atmósfera) y los aerosoles (que tienden a enfriarla) juegan el papel más crítico. Los aerosoles norteamericanos alcanzaron un máximo de emisiones en la década de 1970 y disminuyeron sucesivamente debido a la puesta en marcha de regulaciones de calidad del aire. Aunque las

emisiones de aerosoles antropogénicos han disminuido recientemente, identificar y cuantificar el efecto de los aerosoles es esencial, ya que pueden enmascarar una gran fracción del calentamiento relacionado con los GEI. En este trabajo, hacemos uso de simulaciones numéricas con el Community Earth System Model (CESM), para investigar el efecto aislado de los aerosoles antropogénicos emitidos por EE. UU. y Canadá en el clima de México y Centroamérica durante los veranos del periodo 1950-1975. Se muestra que la emisión de aerosoles en Norteamérica tuvo un papel importante en la modulación de la precipitación y la temperatura en México y Centroamérica, a través de cambios en la circulación atmosférica y el transporte de humedad. Un desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical al sur de su posición climatológica y una disminución en la cobertura de nubes bajas sobre el centro y sur de México causaron una tendencia negativa de la precipitación de verano en la mitad occidental (al sur de 25°N) del territorio mexicano.

#### CCA-48 CARTEL

### LA ZONA FEDERAL MARÍTIMO TERRESTRE DE BAJA CALIFORNIA SUR FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Nava-Sanchez Enrique H., Murillo-Jiménez Janette M. y Gómez Sena Isaivis  
Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN-CICIMAR  
enava@ipn.mx

La mayor parte de las costas del mundo están siendo afectadas por el ascenso del nivel del mar y la erosión debida al cambio climático, lo cual produce pérdida de playa y retroceso de la línea de costa. El impacto antropogénico agrava el problema en la mayoría de los casos, ya que en pocas ocasiones se realizan estudios antes de llevar a cabo desarrollos habitacionales o turísticos. Tanto los procesos naturales como el impacto antropogénico han favorecido que la Zona Federal Marítimo-Terrestre (ZOFEMAT) sea afectada en diversos grados. Por otra parte, la delimitación oficial de la ZOFEMAT es ambigua, ya que aunque considera una faja de 20 m de ancho de tierra firme, ésta puede incluso ser parte de la playa activa, es decir la playa que se pierde con la estacionalidad o con el paso de un ciclón. Por tanto es apremiante revisar la definición de la ZOFEMAT y el método para la medición. Se revisa el caso de Baja California Sur, ya que se cuenta con información general del estado erosión-acreción de sus playas, de las cuales un porcentaje pequeño tienen un uso que pone en riesgo la pérdida definitiva de la ZOFEMAT. En este trabajo se propone que la delimitación considere la morfología de la zona costera, el estado de erosión y la dinámica litoral debida a la estacionalidad, la variabilidad climática y el ascenso del nivel del mar.

#### CCA-49 CARTEL

### VARIABILIDAD ANUAL DE LA ISLA DE CALOR URBANO EN LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

Rodríguez Mosqueda Tania Isabel<sup>1</sup>, Dos Santos Caetano Neto Ernesto<sup>2</sup> y Pereyra Castro Karla<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
tania.escorpion88@hotmail.com

La isla de calor urbano (ICU) es uno de los fenómenos que desde hace varias décadas ha llamado la atención debido a las afectaciones que genera en la población urbana. Su principal característica se manifiesta en el aumento de las temperaturas del aire y de superficie dentro de la ciudad con respecto a los ambientes rurales. Tiene un origen multicausal, sin embargo se ha asociado principalmente a la drástica modificación de la cubierta natural del suelo. Existen varias técnicas para su estudio como: el uso de estaciones meteorológicas en superficie, recorridos con vehículos instrumentados dentro de la ciudad sobre transectos previamente marcados, así como el uso de las bandas térmicas de sensores remotos. En este trabajo se presenta un análisis de las características y tendencias espacio-temporales de la ICU en la ciudad de Aguascalientes, la cual se caracteriza por tener un tamaño medio y un clima templado seco, a través del uso de estaciones de superficie de la Red de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas del INIFAP dentro y fuera de la ciudad, así como de imágenes provenientes del sensor Landsat 8 para los años 2013 (año estándar) y 2015 (año Niño).

#### CCA-50 CARTEL

### INFLUENCIA DEL SISTEMA DE LAGOS DE 1970 EN LA TEMPERATURA REGIONAL DEL VALLE DE MÉXICO

Escamilla-Salzar María Josefina<sup>1</sup>, López-Espinoza Erika Danae<sup>2</sup> y Gómez Ramos Octavio<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera-Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
josefinaeslzr@gmail.com

El Valle de México es sede de la mayor mancha urbana a nivel nacional, y concentra actualmente una megaciudad con un número de habitantes posicionado en el décimo lugar a nivel mundial. Antes del establecimiento de esta megaciudad existía un sistema de lagos de aproximadamente 1500 km<sup>2</sup> [1] que, con el tiempo, y debido principalmente a causas antropogénicas, ha experimentado cambios de cobertura y uso de suelo principalmente por largos años de drenado artificial. Mediante una serie

de simulaciones numéricas basadas en mallas regulares, pre y post asentamientos humanos [2-5], ubicadas en diferentes épocas asociadas a la superficie del sistema de lagos, se ha intentado vislumbrar el impacto y las condiciones meteorológicas que pudieron ser dominantes en la región. Particularmente, en este trabajo se analiza la influencia del sistema de lagos de 1970, que para esa época representaba el 16% del área total del sistema original, de acuerdo a lo estimado por [3]. Mediante el uso de un modelo atmosférico acoplado con un modelo de lagos (WRF-Lake) se analizó el impacto del sistema de lagos mediante dos experimentos numéricos: uno con el sistema de lagos de 1970 y el otro sin el sistema. Para ambos experimentos se emplearon similares condiciones iniciales y de frontera, y sólo se modificó la física del lago. El modelo WRF-Lake fue configurado con tres dominios con resolución horizontal de 15 km, 5 km y 1 km centrados en el Valle de México. Las simulaciones numéricas se realizaron para una semana en la época de frías (enero), una en secas (marzo) y una en la temporada de lluvias (junio). Con las simulaciones obtenidas se analizó el comportamiento principalmente sobre la temperatura del aire y se comparó con los resultados obtenidos en estudios previos para otras épocas. Mediante las simulaciones numéricas fue posible observar el comportamiento del sistema de lagos como: un regulador térmico regional del tiempo, y su menor variabilidad diurna en comparación con otro tipo de coberturas (urbano, pastizales, matorrales y bosques). 1. Ezcurra, E. (1990). De las chinampas a la megalópolis: el medio ambiente en la cuenca de México. 2. Jazcilevich, A., Fuentes, V., Jáuregui, E., & Luna, E. (2000). Simulated urban climate response to historical land use modification in the basin of Mexico. *Climatic Change*, 44(4):515-536. 3. 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: un experimento numérico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2):215-225. 4. Benson#Lira, V., Georgescu, M., Kaplan, S., & Vivoni, E. R. (2016). Loss of a lake system in a megacity: The impact of urban expansion on seasonal meteorology in Mexico City. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(7), 3079-3099. 5. López-Espinoza, E. D., Ruiz-Angulo, A., Zavala-Hidalgo, J., Romero-Centeno, R., & Escamilla-Salazar, M. J. (2019). Impact on precipitation from desiccation of the ancient lake system in the Basin of Mexico City. Unpublished.

#### CCA-51 CARTEL

### EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO MEDIANTE IDENTIFICACION DE FUNCIONES INTRÍNECAS MODALES

Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel<sup>1</sup>, Hernández-Gómez Jorge Javier<sup>2</sup>, Yañez-Casas Gabriela Aurora<sup>3</sup>, Moreno-Sabido Mario Renán<sup>1</sup>, Couder-Castañeda Carlos<sup>2</sup> y Enciso-Aguilar Mauro Alberto<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / I.T. Mérida, Departamento de Sistemas y Computación  
<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial  
<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenango, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Educación Continua Eugenio Méndez Docuro  
mauricio.oroSCO@itmerida.edu.mx

El calentamiento global es una amenaza real para la supervivencia de la vida en la Tierra en los siguientes 80 años. Los efectos del calentamiento global son particularmente perjudiciales para los habitantes de asentamientos urbanos muy saturados, como la Ciudad de México. En este trabajo, se analizan series de tiempo horarias de temperatura provenientes de estaciones meteorológicas en el centro histórico de esta ciudad, en el periodo 1986 - 2019. Los datos faltantes en las series de tiempo se interpolan a través del método de kriging. Entonces, las tendencias temporales y las frecuencias principales fueron obtenidas a través de Descomposición Modal Empírica. El primer modo de frecuencia revela un claro incremento en la temperatura en el centro histórico de la Ciudad de México. Para mayo de 2019, se registra un incremento de 0.72 °C por encima de la temperatura promedio del periodo de referencia 1986 - 2016. Adicionalmente, las funciones modales intrínsecas obtenidas revelan diversas periodicidades o frecuencias en las series de tiempo de temperatura analizadas. Algunas de estas frecuencias se pueden explicar debido a las variaciones temporales de la actividad solar, sin embargo falta más investigación para encontrar el origen de todas las frecuencias identificadas en la serie de tiempo.

#### CCA-52 CARTEL

### IDENTIFICACIÓN DE ISLAS DE CALOR URBANO A PARTIR DE CORRECCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES CON ESTACIONES DE SUPERFICIE EN CIUDAD JUÁREZ, CHIH.

Blanco Paz Fernando Uziel, Vázquez Gálvez Felipe Adrián, Hernández García Yazmín Guadalupe, Alvarado Soto Sergio y Solís Sergio Saúl  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ  
al157339@alumnos.uacj.mx

Las Islas de Calor Urbano (ICU) se definen como un incremento en la temperatura superficial asociada a las actividades antropogénicas. Son estimadas mediante la identificación de diferencias de temperatura dentro de las zonas urbanas y zonas rurales; haciendo uso de estaciones meteorológicas y datos derivados de imágenes satelitales. Este estudio se centra en el desarrollo de un modelo de correlación que permita conocer la temperatura del aire en cualquier punto de la zona de estudio

utilizando el valor de temperatura superficial extraído del píxel en la imagen, con objeto de determinar la asociación entre uso de suelo, áreas verdes y temperatura de superficie (2m). La zona urbana comprendida por Ciudad Juárez, Chih. y El Paso, Tx ha tenido un crecimiento acelerado en los últimos 50 años con un rezago en la dotación de áreas verdes. Algunos estudios han indicado un crecimiento en los episodios de ondas de calor en la región por efecto del cambio climático por lo que es necesario generar herramientas prácticas para el desarrollo de políticas públicas tendientes a proteger a la comunidad. Para este estudio se utilizaron seis estaciones meteorológicas con datos de temperatura y un compendio de 120 imágenes satelitales de la plataforma AQUA-MODIS del producto MYD11A1 con una resolución espacial de 1km<sup>2</sup> y resolución temporal de 24 horas, durante los meses de junio a septiembre del 2018 y una hora local de 2:00hrs a 3:00hrs; lo anterior con el fin de apreciar los diferenciales de temperatura durante el proceso de enfriamiento nocturno. A partir de las correlaciones lineales ( $R^2 = 0.6097$ ) se ajustaron los valores de temperatura del píxel en todo el dominio, correspondiente al verano del 2018. Los valores corregidos permiten definir con alta resolución las zonas de bajo enfriamiento nocturno y su asociación con los usos de suelo y densidad de áreas verdes.

## CCA-53 CARTEL

### ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE ENERGÍA ASOCIADOS AL NUEVO LAGO EN LA PLANICIE DE CHALCO

García-Jiménez Alejandro Jair<sup>1</sup> y López-Espinoza Erika Danaé<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
alejandro.jair@gmail.com

Los cambios en la cobertura y uso de suelo tienen el potencial de generar impactos biogeofísicos en el sistema climático, debido a que las alteraciones en los parámetros superficiales como el albedo, la rugosidad y la capacidad calorífica pueden incidir en los intercambios de masa, momento y energía entre la superficie terrestre y la atmósfera. En particular, los cuerpos de agua poseen características superficiales que pueden alterar el balance de energía y determinar su disponibilidad para ser empleada en los flujos turbulentos. En la planicie de Chalco un nuevo cuerpo lacustre se ha consolidado producto de la subsidencia del terreno, modificando la partición de energía mediante su influencia sobre los flujos de calor sensible, latente y del suelo. En esta investigación se analizaron estos flujos y se determinó que la presencia del nuevo cuerpo de agua ha ocasionado en la región un amortiguamiento en los valores extremos de temperatura, así como un incremento de la humedad atmosférica y cambios en los patrones de precipitación.

## CCA-54 CARTEL

### RELACIÓN ENTRE LA TSM EN BAHÍA DE BANDERAS Y LA TEMPERATURA DEL AIRE EN PUERTO VALLARTA, JALISCO

Carrillo-González Fatima Maciel<sup>1</sup>, Carreón-Lila José Joel<sup>2</sup>, Tobal Cupul Jessica Guadalupe<sup>3</sup>, Sánchez-Gómez Rubén<sup>1</sup>, Morales-Hernández Julio César<sup>1</sup> y Cruz-Romero Bartolo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UdeG

<sup>2</sup>Universidad Veracruzana

<sup>3</sup>Universidad del Caribe, Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología  
fatima.carrillo@academicos.udg.mx

La temperatura del aire de un lugar depende de cómo reciba la radiación solar (latitud), la altitud, los sistemas atmosféricos que dominen; y si se encuentra cerca del océano, dependerá en alguna proporción de las corrientes que ahí se presenten, como es el caso de la Cd. de Puerto Vallarta. Se presenta un análisis de correlación entre la temperatura superficial del mar (TSM) y la temperatura ambiente de una estación automática en Puerto Vallarta de los años 2011 (año La Niña) y 2013 (año Neutro). La TSM diaria se obtuvo de imágenes de CONABIO y SIMAR de los años mencionados, se promedió la temperatura de tres distintas regiones oceánicas de varios tamaños en dónde se incluye Bahía de Banderas, con la cual limita la Cd. de Puerto Vallarta, esa serie se correlacionó con la temperatura promedio diaria del aire superficial registrada en una estación automática ubicada en la ciudad de Puerto Vallarta para los mismos periodos. Resultó mayor correlación en el polígono más pequeño en ambos años; para el año 2011 la correlación fue de 95.5% y para el año 2013 fue de 85.5%. Lo cual indica que la temperatura ambiental de Puerto Vallarta depende en mayor proporción de las corrientes oceánicas que pasan cerca de Bahía de Banderas, es decir, la temperatura de estas corrientes provoca un desfaseamiento con el comportamiento de la temperatura ambiental de las ciudades vecinas que se encuentran a la misma latitud.

## CCA-55 CARTEL

### CARIDRO. AN ONLINE TOOL FOR DROUGHT ASSESSMENT IN THE CARIBBEAN

Bezanilla Morlot Arnoldo, Centella Artola Abel y Vichot Llano Alejandro  
Instituto de Meteorología, Cuba  
arnoldo.bezanilla@insmet.cu

CARIDRO have been designed to allow the access and to process several datasets available from Regional/Global Climate Model, as well as a number of grid point

observed-based dataset. The tool is able to provide results based on two Drought Indexes, the Standardized Precipitation Index (McKee, 1993) or the Standardized Evapotranspiration-Precipitation Index (Serrano et al, 2010). The former (SPI) is a well known and very popular drought index being used in many regions to assess and to monitor the drought events. The other one (SPEI) was designed mainly to evaluate the impact of climate change (the warming) on drought and it is based on water balance instead of precipitation only. In this case, the evapotranspiration values (used to compute the water balance) were calculated using the Thornthwaite formulation. The decision to use Thornthwaite equation is supported in the simplicity of its computation as well as in the fact that the SPEI values estimated by other more complex equations (such as Penman-Monteith) do not change the drought events detection. As both SPI and SPEI indexes are calculated at various time scales (i. e. 1-months, 2-months, 6-months, 36-months, etc) they enable the identification of different drought types such as meteorological or hydrological drought. Thus the application of CARIDRO tool can help to assess the potential risk of those different kind of drought in the future.

## CCA-56 CARTEL

### CÁLCULO DE VARIABLES HIDROLÓGICAS Y METEOROLÓGICAS CON EL MODELO WRF, QUE FAVORECEN LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS EN LAS REGIONES MONTAÑOSAS DE GUATEMALA

Tereshchenko Iryna<sup>1</sup>, Quintana Rodríguez Nivian<sup>1</sup>, Bárcenas Castro Maydes<sup>1</sup>, Gorokhovich Yury<sup>2</sup> y Gutiérrez de Velasco Sanromán Guillermo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, CUCEI

<sup>2</sup>CUNY, NY, US

itereshc@ucei.udg.mx

Utilizando el modelo de Investigación y Predicción Meteorológica (WRF) en integración con el Modelo de superficie terrestre de NOAA (Hong et al., 2009) se obtuvieron los mapas medios de variables hidrológicas como: la escorrentía a nivel de superficie y subterránea, la temperatura del suelo y la humedad del suelo en las laderas de Guatemala. Se analizó el comportamiento general de la presión, temperatura, humedad, viento y precipitación y se hicieron perfiles de todas las variables en las áreas donde ocurrieron deslizamientos de tierra, comparando el comportamiento entre las pendientes con orientación Sur - Este y las orientadas al Norte - Oeste. Fueron calculadas las Funciones Empíricas Ortogonales (EOF) para las variables estudiadas y la elevación del terreno de dos casos de estudio, los periodos de tiempo en los cuales Guatemala se vio afectada por el Huracán Mitch de 1998 y el Huracán Stan de 2005. Entre los principales resultados se encontró que la humedad de suelo tiene una distribución espacial que está muy relacionada con las características de la elevación del terreno y por tanto de la temperatura del suelo con valores de correlación superior a 0.61. No obstante a esto su distribución está muy relacionada con la escorrentía subterránea y en menor medida con la escorrentía superficial. Con las EOF se determinaron tres modos fundamentales donde se puede agrupar el 89.61% del comportamiento de las variables. Por otro lado, se obtuvo que la precipitación para ambos Huracanes sobrestima su valor aproximadamente 200 mm, pero muestra una buena distribución espacial en ambas corrientes. La presión, temperatura, humedad y viento están bien representados, pero no reflejan cambios en las diferentes pendientes. La precipitación sí refleja diferencias entre las pendientes, mostrando mayores acumulados en las laderas orientadas al Sur - Este de hasta 300 mm en relación a las que tenían orientación Norte - Oeste. Fueron establecidas las relaciones más significativas entre: la topografía y la temperatura de suelo de forma inversa mostrando una covarianza de 0.97, entre la humedad de suelo y el escurrimiento subterráneo con una covarianza negativa de 0.49, mostrando que la acumulación de agua subterránea, durante un tiempo determinado, así como el periodo natural de saturación del suelo, determinan junto a la topografía del terreno el valor de la humedad del suelo.

## CCA-57 CARTEL

### EVALUACIÓN DE DIFERENTES MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVOS

Macias Vazquez Carlos Eduardo  
Universidad Nacional Autónoma de México  
cemacias215@gmail.com

Carlos E. Macias Vázquez<sup>1</sup>, Carlos A. Ochoa-Moya<sup>2</sup>, Julio C. Rodríguez<sup>3</sup>, Arturo I. Quintanar Isaías<sup>2</sup>, Carlos Lizarraga Celaya<sup>4</sup> 1 Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México 2 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México 3 Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora 4 Departamento de Física, Universidad de Sonora Una gran parte de los cultivos de viñedos en el mundo se encuentran en zonas semiáridas donde la disponibilidad del agua es limitada. Esta limitación se agrava tras la demanda de la misma por el sector agrícola, a medida que aumentan las áreas de cultivo irrigado. Lo anterior, impone la necesidad de realizar estimaciones diarias de evapotranspiración (ET) a escalas locales para gestionar con mayor precisión el riego. Aunque existen varias redes de observación de flujos turbulentos bien desarrolladas a nivel mundial, estas redes no pueden hacer estimaciones espaciales continuas de ET sobre grandes

paisajes heterogéneos. Se ha logrado un éxito creciente al estimar la ET de superficies con vegetación heterogénea mediante la combinación de información de modelos de balance-transferencia suelo-vegetación-atmósfera que pueden simular el intercambio turbulento. En este estudio, se presentan los avances de investigación utilizando diferentes métodos para evaluar los flujos turbulentos de calor, vapor de agua (evapotranspiración) al compararlo con mediciones de flujos turbulentos. Por un lado, se tienen observaciones utilizando la técnica de eddy-covariance sobre cultivos agrícolas para estudiar in-situ los procesos de intercambio suelo-vegetación-atmósfera. Estas observaciones son utilizadas para estimar la evapotranspiración mediante diferentes modelos matemáticos, los cuales presentan buenos resultados al compararlos con las observaciones. Esto se muestra mediante el análisis de la relación complementaria (RC) entre la ET actual y la evapotranspiración potencial (ETP) para cultivos limitados por agua, situados en la Costa de Hermosillo, Sonora, México. Para esta comparación, se emplearon cinco métodos de estimación ETP: Penman (1948), Turc (1961), Hamon (1963), Hargreaves-Samani (1985) y Makkink (1957). El modelo de Penman muestra un buen desempeño en el cálculo de ETP. Los modelos restantes, hacen una buena estimación, pero no en comparación al modelo de Penman para una región semi-árida.

## CCA-58 CARTEL

### CICLO ANUAL DE FLUJOS DESCENDENTES DE AIRE SOBRE LA PARTE CENTRO-SUR DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Jimenez Perez Saul y Carbajal Pérez Noel  
 Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT  
 saul.jimenez@ipicyt.edu.mx

Los flujos descendentes de aire en la atmósfera tienen un papel importante en el desarrollo o inhibición de los sistemas convectivos. La variación en la magnitud y el comportamiento de estos flujos puede determinar el régimen de precipitación durante un ciclo anual para una zona determinada. En el centro de la República Mexicana, ~23.5°N (Trópico de Cáncer), existe una región con flujo de aire predominantemente descendente debido a la celda atmosférica de Hadley que se extiende desde el Ecuador, donde existe ascenso de aire, hasta los 23.5°N aproximadamente. El aumento en la intensidad y extensión del aire descendente puede ocasionar que la actividad convectiva sea menos intensa o incluso inhibir por completo el desarrollo convectivo. En esta investigación se analiza el ciclo anual de los flujos de aire verticales simulados con el modelo numérico WRF. La magnitud y dirección de los flujos brindan una primera aproximación acerca del desarrollo de la actividad convectiva y el régimen de precipitación para una zona específica.

## CCA-59 CARTEL

### EVALUACIÓN DE LOS FLUJOS TURBULENTOS DURANTE VERANO EN EL VALLE DE MEXICALI-IMPERIAL MEDIANTE SIMULACIONES CON UN MODELO REGIONAL

Ochoa Moya Carlos Abraham<sup>1</sup>, Aquino Martínez Lourdes  
 Paola<sup>2</sup>, Quintanar Arturo<sup>3</sup> y García Cueto Rafael<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, CCA-UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California  
 carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

El Valle Mexicali-Imperial se ha expuesto a cambios drásticos en el uso de suelo, de ser una zona desértica hoy se encuentran extensas zonas de cultivos y áreas urbanas. Por un lado, el valle de Mexicali está sobre un terreno plano al nivel del mar, en cambio, gran parte del Valle Imperial se encuentra en promedio a 30 metros por debajo del nivel mar. La región de estudio se caracteriza por escasa precipitación y condiciones de cielos despejados durante gran parte del año. Esto permite el estudio de las circulaciones locales. En este trabajo se evaluó la capacidad del modelo WRF acoplado al Noah-LSM para reproducir los flujos de calor y temperatura a 2m comparando con datos observados durante 20 días en el mes de junio de 2003. Los resultados muestran simulaciones adecuadas de SH, G y NR, excepto para LH. El modelo indica diferencias en las particiones de flujos entre sitios con usos de suelo de cultivos entre superficies sobre y por debajo del nivel del mar. En zonas por debajo del nivel del mar en el Valle Imperial, las simulaciones de LH y NR mostraron mayor sensibilidad a las condiciones de uso de suelo, que a los cambios de altitud y presencia de advección de aire. En el Valle de Mexicali los flujos de LH, SH, G y RN mostraron sensibilidad a las diferencias de uso de suelo entre la parte urbana y la rural. Respecto a las circulaciones, se distinguen dos circulaciones en toda la región Mexicali-Imperial que se ven moduladas con la interacción de la orografía en la región. El valle de Mexicali se ve mayormente influenciado por una circulación del sureste. Mientras que para el Valle Imperial la circulación principal es del oeste, la cual se ve modificada por la interacción de las masas en niveles bajos provenientes del sureste. Por la tarde, las zonas de convergencia que se presentan debido a la interacción de las dos circulaciones generan en superficie zonas de confluencias las cuales están pueden estar relacionadas con altas concentraciones de contaminantes.

## CCA-60 CARTEL

### CLIMATOLOGÍA OBJETIVA DEL PASO DE FRENTE FRÍOS EN MÉXICO: 1979-2017

Hernández García Marilina<sup>1</sup> y Mora Rojas Gabriela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>Universidad de Costa Rica

marilina.hernandez@uabc.edu.mx

Se realizó una climatología de frentes fríos para México durante el período 1979-2017, usando un procedimiento objetivo basado en los fuertes gradientes térmicos y la vorticalidad que se observan al paso de uno de estos sistemas. Para mejorar la detección del paso de sistemas frontales se agregaron dos filtros, uno considerando valores altos de advección meridional de temperatura y otro asociado a anomalías de geopotencial en 500 mb. Se mostró que el método propuesto tiene resultados efectivos, excepto en regiones tropicales (al sur de 15°N) donde en ocasiones detecta "falsos frentes" relacionados con patrones constantes de viento fuerte. Se obtuvo una climatología de frentes fríos mensual para la región de estudio y se encontró que la mayor frecuencia de frentes se observa desde el otoño hasta mediados de primavera, con un máximo a finales del invierno. Además al correlacionar las series mensuales de frecuencia de frentes fríos con índices atmosféricos y oceánicos, se encontró que los que mostraron mayor correlación fueron la Oscilación del Ártico (AO) y el Patrón Pacífico-Norteamérica (PNA).

## CCA-61 CARTEL

### METEOROLOGÍA DE TORNADOS ANTICICLÓNICOS EN LA OROGRAFÍA COMPLEJA DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Monterde Gutiérrez Daniela Irais y Carbajal Pérez Noel  
 Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT  
 daniela.monterde@ipicyt.edu.mx

Los tornados son columnas de aire con grandes velocidades rotacionales desde el suelo hasta un sistema de nubes. Se conoce que un alto porcentaje de los tornados en Norte América presentan una rotación ciclónica, debido a la Fuerza de Coriolis que afecta directamente a nubes de supercelda que sostiene al tornado (mesociclón). En México, los tornados son un fenómeno recurrente principalmente en la región de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) que presenta una orografía altamente compleja. En USA, aproximadamente el 99.9 % de los tornados giran ciclónicamente. En la FVTM hay un número importante de tornados anticiclónicos, alcanzando aproximadamente, incluso, el 50% de todos los tornados que ocurren en esa zona, contrario a lo que se observa en otras latitudes. Debido a la escasa bibliografía acerca del comportamiento de este tipo de tornados, en este trabajo, se analizan las condiciones meteorológicas que dan como resultado un tornado de carácter anticiclónico y el papel que juega la topografía para su formación, así como el comportamiento de los flujos de aire y humedad en este tipo de eventos.

## CCA-62 CARTEL

### GEOPROCESAMIENTO DE DATOS SATELITALES PARA LA ESTIMACIÓN DE CONCENTRACIONES DE PM2.5 EN LA ZONA DE LA MEGALÓPOLIS DEL CENTRO MÉXICO

Martínez Luna Edgar, Mora Ramírez Marco Antonio, González Guevara  
 José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia y Vázquez Sánchez Raul  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
 edgarmartinezluna7@gmail.com

La región de la Megalópolis del centro del País (MCP) rebasa la Norma Oficial Mexicana de Partículas menores a 2.5 Micras (PM2.5), que están asociadas a diversas enfermedades respiratorias, como asma, cáncer del pulmón, entre otras. Por tanto, es indispensable realizar mediciones de este contaminante como primer paso para alertar a la población sobre niveles de riesgo por exposición a partículas. Sin embargo, la MCP no cuenta con suficientes sitios de monitoreo. Por esta razón, en esta investigación propusimos utilizar datos satelitales, como una alternativa para construir un modelo que permita estimar las concentraciones de PM2.5 en la región de estudio, aumentando con ello la disponibilidad espacial y temporal de datos de concentraciones de partículas en el ambiente de esta región. Se ajustó un modelo de regresión lineal múltiple para el pronóstico de PM2.5, utilizando las variables: espesor óptico (AOD), humedad relativa (RH), temperatura (T), altura de la capa límite de mezcla (PBLH) y el índice de vegetación (NDVI). Se encontró que la relación entre AOD y PM2.5 depende fuertemente de la humedad relativa (RH), la altura de capa de mezcla y la temperatura. Sin embargo, este efecto es compensado si se presenta una altura de la PBLH baja, menor a 400m, que al mismo tiempo permite que las mediciones de AOD y PM2.5 sean similares en magnitud. Los hallazgos en este estudio podrían potencialmente ayudar a mejorar las estimaciones de las concentraciones de PM2.5 basadas en datos satelitales

## CCA-63 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE MAYOR EXPOSICIÓN PERSONAL A PM 2.5 EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Robles Jessica<sup>1</sup>, Andraca Ayala Gema Luz<sup>2</sup>, Hernández Paniagua Iván Y.<sup>3</sup> y Jazcilevich Diamant Aron<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera  
<sup>3</sup>CENTROMET, CONACYT  
 jessarob55@gmail.com

El material particulado es una mezcla de sustancias en estado líquido o sólido, suspendidas en la atmósfera por periodos variables. Por su origen, pueden definirse como primarias o secundarias y tienen origen natural o antropogénico, de ahí la complejidad para determinar su composición exacta. De acuerdo con su diámetro aerodinámico, las PM<sub>2.5</sub> son las partículas menores o iguales a 2.5 micras, formadas principalmente por gases y material proveniente de la combustión; se depositan en la región traqueobronquial y pueden ingresar a los alvéolos. (Secretaría de Salud y Asistencia, 2014) Estos parámetros son importantes para caracterizar su comportamiento en la atmósfera y, por ende, la concentración a la que puede estar expuesta la población; también determina la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías respiratorias, de tal manera es que la exposición personal a PM<sub>2.5</sub> de manera prolongada y en diferentes medios ambientes se encuentra directamente relacionada a efectos adversos en la salud humana. Los objetivos de este trabajo abarcan la identificación de las zonas con mayor concentración de PM 2.5, en el sistema de transporte colectivo de la Ciudad de México, en las líneas de mayor concurrencia de Norte a Sur y de Este a Oeste en la CDMX: Línea 1 y 3 del Metro, y las Líneas 2 y 3 del Metrobús, respectivamente; tras la evaluación y cuantificación de los niveles de exposición personal. La metodología está diseñada para obtener datos de concentración de PM 2.5 en tiempo real, que serán enlazados a las coordenadas correspondientes a cada medida de concentración, los datos se procesan mediante el software QGIS v2.18.22 para crear mapas de distribución espacial con graduación en la concentración en las rutas monitoreadas; el equipo que se utiliza para la medición de concentración de PM 2.5 es el pDR-1500 personal Thermo Scientific, es un monitor personal de aerosoles con control volumétrico activo, que funciona mediante nefelometría, así como el GPS map 60CSx GARMIN para la obtención de coordenadas. La diferencia de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> entre ambos medios de transporte es evidente, comparando los perfiles de concentración obtenidos, la justificación más probable son las vías donde se lleva a cabo el recorrido, es decir, la diferencias radica en el medio que atraviesan los vehículos; en el caso del Metro Línea 3, el recorrido se efectúa de manera subterránea mientras que para el Metrobús Línea 1, el recorrido se realiza por vías normales de circulación vehicular teniendo así, una mayor exposición a contaminantes, los valores determinados durante la experimentación varían en un rango desde 3.41 µg/m<sup>3</sup> hasta 6485.87 µg/m<sup>3</sup>. Esto influye para que una determinada zona sea propicia a una mayor exposición de PM 2.5, por ejemplo, cruces de gran afluencia vehicular, semáforos, zonas con reducción de carriles, avenidas de grandes dimensiones, entre otras.

## CCA-64 CARTEL

### ALERTAS TEMPRANAS DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Silva Quiroz Rafael<sup>1</sup>, Rivera Lopez Ana Leonor<sup>2</sup>, López-Rivera Juan Antonio<sup>3</sup>, Toledo-Roy Juan Claudio<sup>4</sup>, Gay García Carlos<sup>1</sup> y Frank Alejandro<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>4</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México  
 sqrf@icloud.com

Determinar con anticipación cuando ocurrirá una contingencia ambiental (niveles elevados de Ozono) es un tema relevante que involucra múltiples factores desde las condiciones orográficas y meteorológicas que determinan la circulación del aire en el valle de México como las emisiones de los automóviles en circulación, la eficiencia del combustible, los desechos industriales, etc. En este trabajo se analizan las condiciones de composición atmosférica y meteorológicas en la temporada de clima seco (de marzo a mayo) en la Ciudad de México (CDMX). Mostramos que generalmente cuando hay una inversión térmica de subsidencia aunado a las condiciones orográficas de la CDMX, se genera un bloqueo atmosférico. Dicho bloqueo se ve reflejado en una atmósfera estable: la magnitud de la velocidad del viento superficial es casi nula, hay baja humedad relativa y pequeñas fluctuaciones de temperatura. Estas condiciones meteorológicas aunado a que el aire de la CDMX contiene grandes cantidades de precursores del ozono, eleva los niveles provocando una contingencia ambiental. Probamos esta idea en el periodo de 2004 a la fecha, buscando parámetros que puedan usarse como alertas tempranas.

## CCA-65 CARTEL

### MONITOREO Y ANÁLISIS DE PARTÍCULAS EN INTERIORES: CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA BUAP, PUEBLA, MÉXICO

Rubio Gomez Yrany Mayerling<sup>1</sup>, Velasco María de los Ángeles<sup>1</sup> y Morales Acoltzi Tomás<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 yrany123@hotmail.com

Uno de los indicadores de la calidad del aire es el material particulado (MP), el cual tiene impactos negativos a la salud, en particular, al sistema respiratorio. Con respecto a las propiedades del MP, destaca el diámetro de la partícula; el cual está relacionado con enfermedades cardiovasculares y la formación de posibles tumores, con diámetros menores a 0.1 y un 1 micrómetro (partículas ultrafinas), además de enfermedades de la piel y los ojos con diámetros menores o iguales a 2.5 micrómetros (partículas finas). El presente trabajo tiene como objetivo monitorear las partículas en espacios académicos (salones, laboratorios y oficinas, biblioteca central, entre otros) dentro de ciudad universitaria de la BUAP, durante el periodo de julio y agosto 2019, para conocer la calidad del aire en relación a las partículas. Se utilizó un contador de partículas modelo EXTECH-PCE-PCO1, para monitorear los espacios académicos, el equipo identifica 3 tamaños de partículas de 0.3, 0.5, 2.5 consideradas ultrafinas y finas, además se midió la temperatura y humedad relativa de los sitios muestreados, de acuerdo con la norma ISO de cuarto limpio (ISO 14644-1:1999). Los resultados muestran que del total de sitios muestreados el 60% corresponde a condiciones aceptables, el 20% se encuentran sitios de advertencia y el 20% presenta riesgos significativos. También se muestra que hay diferencia significativa en magnitudes en relación con la humedad y la cantidad de partículas finas y ultrafinas. Por lo que, es necesario, mejorar los programas de limpieza en los interiores de ciudad universitaria, revisar los sistemas de ventilación natural y artificial, realizar un estudio de fuentes externas (tránsito vehicular) y mantener cuidar las áreas verdes, para mejorar la calidad del aire en beneficio de la comunidad universitaria de la BUAP. Se compararán los resultados con el análisis para otoño, periodo en que contribuyen con precipitación los huracanes, principalmente.

## CCA-66 CARTEL

### RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES ÓPTICAS DEL CARBONO NEGRO Y OTROS CONTAMINANTES EN CU-UNAM

Prieto Cristina y Peralta Rosales Oscar  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 cprieto@atmosfera.unam.mx

El carbono negro (BC, por sus siglas en inglés) es el componente del material particulado refractario que se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Aunque constituye una pequeña fracción de los aerosoles atmosféricos, absorbe luz visible en todas las longitudes de onda, siendo el componente que absorbe luz más fuertemente por unidad de masa (Bond et al 2013). El BC atmosférico contribuye al calentamiento global y adicionalmente puede ocasionar graves problemas a la salud reduciendo considerablemente la esperanza de vida. En el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se monitorea la concentración en masa de carbono negro en aire ambiental de PM<sub>2.5</sub> mediante un Extintómetro Fotoacústico (PAX, por sus siglas en inglés); a partir de las propiedades ópticas del material particulado (Coeficientes de Absorción y Dispersión de la luz). La concentración de BC reportada por el PAX es determinada como el producto del coeficiente de absorción (Babs) por el factor de proporcionalidad MAC de 4.74 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> con  $\lambda = 870$  nm. (Salcedo et al 2018). El objetivo de este estudio es validar concentraciones másicas de BC reportadas por el PAX a partir de los resultados obtenidos en la campaña Aerosoles en Ciudad Universitaria (ACU15). En la que se analizó el contenido de carbono orgánico y carbono elemental mediante un Analizador Coulométrico (UIC, por sus siglas en inglés). Y sulfatos, amonio, nitratos, cloruros y compuestos orgánicos mediante el Monitor de Especiación Química de Aerosoles (ACSM, por sus siglas en inglés). La composición y estructura de los aerosoles carbonáceos varían en función de las fuentes de emisión que los originan, tipos de combustibles usados y de las condiciones meteorológicas del lugar. Por lo que es importante determinar el valor de MAC, mediante el análisis del efecto de la variación en las concentraciones de las especies químicas presentes en el aerosol de CU en las propiedades ópticas del carbono negro.

## CCA-67 CARTEL

## ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS SERIES DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SUPERFICIAL Y DE COLUMNAS VERTICALES DE METANO EN LA ZONA CENTRO DEL VALLE DE MÉXICO, UTILIZANDO MEDICIONES IN SITU Y ESPECTROSCOPIA FTIR RESPECTIVAMENTE

Bezanilla Morlot Alejandro<sup>1</sup>, Stremme Wolfgang<sup>1</sup>, González Eugenia<sup>1</sup> y Grutter Michel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
abezanilla@atmosfera.unam.mx

El metano es uno de los gases de efecto invernadero más importante por su potencial de calentamiento, el cual es 25 veces mayor que el del dióxido de carbono. Además es bien conocido que la concentración atmosférica de este gas está aumentando, en gran parte debido a la actividad antropogénica. Es por esto que es de vital importancia realizar mediciones continuas de este gas, para poder determinar la magnitud de este aumento y tratar de identificar posibles tendencias. El grupo de Espectroscopia y Percepción Remota del Centro de ciencias de la Atmósfera, en la UNAM lleva realizando mediciones continuas de absorción solar en el infrarrojo por más de 10 años, ésta es una de las técnicas más utilizadas para estudiar gases de efecto invernadero y ya cuenta con más de 40 años de aplicación por grupos de investigación a lo largo de todo el planeta. Otra técnica a menudo empleada para el estudio de estos gases, es la medición in situ, ya sea con muestras de aire tomadas en frascos especiales que luego son analizadas en laboratorio o con equipos que miden continuamente como por ejemplo espectrómetros PICARRO. En este trabajo se analizan dos series de tiempo de concentración en columna vertical (200\_-2019) de metano derivadas de mediciones de absorción solar en el infrarrojo, y mediciones de concentración in situ (2014-2019) para una estación urbana localizada en la Ciudad de México (UNAM), y una estación rural de alta montaña (Altzomoni) en el Estado de México. Se presentan la tendencia anual, la estacionalidad y la variabilidad interanual en cada serie, y se contrastan sus características.

## CCA-68 CARTEL

## ¿SON ADECUADAS LAS MÉTRICAS CLÁSICAS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE MODELOS CLIMÁTICOS?

Altamirano del Carmen Miguel<sup>1</sup> y Estrada Francisco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM  
mgaac@yahoo.com

Generalmente se considera que la habilidad de un modelo de circulación general (MCG) para simular el clima actual, del que hay registros instrumentales observacionales, es una medida de su capacidad de desempeño (Jun et al. 2008, Notz 2015). No obstante puede resultar en un criterio poco robusto ya que los MCG fueron diseñados para modelar la influencia antropogénica en el clima observado del siglo veinte y el proyectado hacia el futuro en respuesta al forzante radiativo (RFR), relacionado con emisiones de gases antropogénicos, y no para reproducir el clima observado. La utilidad de las simulaciones de los MCG no puede ser inferida únicamente por su grado de concordancia con las observaciones (Notz 2015). El proceso de construir, asignar y combinar métricas del desempeño de MCG no es directo. Más bien, hay un considerable grado de subjetividad en la selección de las métricas (Christensen et al. 2010). No hay un consenso en las métricas para separar modelos climáticos "buenos" y "malos" (Knutti et al. 2010) y es inevitable una selección subjetiva de un conjunto de métricas con desconocimiento a priori de interdependencias (Christensen et al. 2010). Métricas propuestas en estudios para conocer la capacidad de desempeño de los modelos climáticos incluyen la magnitud del sesgo del modelo, observada sistemáticamente durante el periodo de control, tendencias observadas, o compuestos de un gran número de diagnósticos de desempeño de modelos (ver Weigel et al. 2010). Como caso de estudio, se aplicaron métricas clásicas para cuantificar el desempeño de MCG para modelar la temperatura superficial anual en México de 1910 a 2005. Las métricas aplicadas son correlación, raíz del error cuadrático medio y desviación estándar normalizada. Las métricas se aplicaron a realizaciones de 16 MCG y cada uno de los ensambles de 11 MCG con más de una realización. Al considerar intervalos de confianza en la correlación o el RMSE, obtenidas a partir de series sintéticas aleatorias generadas mediante el método bootstrap (Efron and Tibshirani 1998) aplicado a la serie de cada MCG, prácticamente es estadísticamente válido considerar que cualquier MCG tiene la misma capacidad de desempeño para representar la serie de anomalía anual de la temperatura en México. Esto es un indicio de la falta de robustez de métricas clásicas deterministas para discernir claramente la capacidad de desempeño de los MCG para representar la RFR en la temperatura superficial en México. Los resultados sugieren considerar como buena práctica incluir intervalos de confianza en las métricas que se apliquen para seleccionar los modelos y proseguir con el desarrollo de métricas más robustas que evalúen la capacidad de los modelos para reproducir la respuesta del sistema climático al forzante externo. Resulta crítico contar con métodos cuantitativos para evaluar el desempeño de MCG para, entre otros, maximizar el valor de las proyecciones de cambio climático (Knutti et al. 2010), aunque esta no es una regla estricta ya que MCG con buen desempeño histórico podrían tener bajo desempeño para proyectar el clima futuro.

## CCA-69 CARTEL

## ¿LA ATMÓSFERA, ES UN SISTEMA COMPLEJO?

Cruz Castellanos Samuel Itzcóatl<sup>1</sup>, Robledo Nieto Alberto<sup>2</sup> y Quintanar Arturo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM), CCA

<sup>2</sup>Instituto de Física (UNAM)  
samitzsi11@gmail.com

El primer intento de revelar la naturaleza compleja de la atmósfera, se dio en 1963 con el modelo matemático del meteorólogo estadounidense Edward Lorenz. Este modelo intentaba reproducir la convección atmosférica, pero su esfuerzo no fue fructífero, sin embargo, exhibió que la atmósfera se comporta de forma caótica, esto claramente es muestra de que la atmósfera se comporta como un sistema complejo, pero no es concluyente. En la actualidad, desde el punto de vista de la Termodinámica se considera que un sistema complejo es un sistema abierto, que localmente se puede ver como un sistema cerrado, donde la entropía siempre es positiva. Dado que se puede establecer un paralelismo entre las distribuciones de rango de una función de distribución principal de frecuencia (que conducen a leyes de potencias), la Termodinámica y la Mecánica Estadística, donde la función de distribución de frecuencia-rango desempeña el papel de la energía y donde el logaritmo del rango se puede ver como la entropía. Con este trabajo de investigación demostramos de forma fenomenológica utilizando leyes de potencias para las variables meteorológicas: temperatura, presión, campo eléctrico, humedad relativa y velocidad promedio obtenidas a partir de los datos de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) del año 2015 al año 2018, que la atmósfera tiene un comportamiento complejo. Para lograr este objetivo fue necesario suponer que las variables meteorológicas antes mencionadas se comportan como variables aleatorias, aunado a esto se utilizaron técnicas estocásticas para reproducir el rango de los datos de una distribución principal que gobierna el conjunto de valores de las variables aleatorias que constituyen las muestras, como resultado de este procedimiento obtuvimos las gráficas en escala logarítmica de las funciones de distribuciones de frecuencia-rango de las variables meteorológicas. Estos resultados pueden ser de gran utilidad para la comunidad científica dedicada al estudio de sistemas meteorológicos y complejos para estudiar cambios de las variables meteorológicas que están relacionadas con el calentamiento global y para pronosticar futuros valores de referencia de las variables meteorológicas y tratar de dar una alerta temprana de posibles desastres que causen daños económicos y humanos a la población.

## CCA-70 CARTEL

## OPTIMIZACIÓN DEL POSTPROCESAMIENTO DE SALIDAS DEL MODELO WRF

Robles Roldan Miguel Ángel y Zavala Hidalgo Jorge

Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM  
miguel.robles@atmosfera.unam.mx

La visualización de las salidas de los modelos numéricos es una parte fundamental del posprocesamiento, tanto en los casos de pronóstico como para la investigación. Existen diferentes herramientas para post-procesar estos archivos: NCL, GrADS, RIP4, etc. Sin embargo el uso de estas herramientas comienza a entrar en desuso para aprovechar las bondades del lenguaje de programación Python. En este trabajo se presenta una comparación entre el uso de NCL, la biblioteca WRF-Python (equivalente a NCL) y un grupo de funciones programadas específicamente para las salidas del WRF del Grupo de Interacción Océano-Atmósfera del CCA-UNAM. Asimismo se incluyen algunas de las opciones que ofrece la graficación usando el lenguaje de programación Python: generación de mapas, gráficas en mallas no estructuradas y generación de contenido web.

Sesión regular

# **EXPLORACIÓN GEOFÍSICA**

Organizadores:  
Mario González  
Iza Canales

EG-1

## ESTIMACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE LICUEFACCIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS DE SUPERFICIE (MASW) EN PUERTO VALLARTA

Reyes Vargas Patricia Siulin y Escudero Ayala Christian Rene  
 Universidad de Guadalajara, UdG  
 siulin.rv@gmail.com

El método MASW o Análisis de Ondas superficiales en arreglo multicanal, es un método no destructivo que consiste en la interpretación de ondas superficiales (Rayleigh), es usado para evaluar la velocidad de onda de corte (Vs), a partir de la cual se puede estimar el factor de seguridad, para la susceptibilidad del fenómeno de licuefacción en caso de ocurrencia de un terremoto. El área de estudio se encuentra dentro de la zona conurbada de los municipios de Puerto Vallarta, Jalisco y Bahía de Banderas, Nayarit. En esta área se encuentran depósitos aluviales geológicamente jóvenes (Holoceno) compuestos de arenas y gravas de playas y ríos, y sedimentos de estuarios y lagunas. Puerto Vallarta también se encuentra en una región tectónicamente activa, con alto riesgo sísmico impuesto por subducción de la microplaca de Rivera bajo el Bloque de Jalisco. Esta actividad sísmica, el tipo de sedimento y la edad geológica, hacen que la probabilidad de que ocurra licuefacción sea alta, particularmente en las áreas cercanas a los ríos, al estero y al mar. Este estudio se centra en determinar la rigidez del material del subsuelo y su susceptibilidad a la licuefacción, que es importante pues en caso de ocurrir un evento sísmico, la infraestructura crítica, como hospitales y el aeropuerto, deben seguir funcionando con normalidad.

EG-2

## INTEGRACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA CARACTERIZAR LA CIMENTACIÓN DE UN PUENTE EN COATZACOALCOS, VERACRUZ

De la Cruz Domínguez Itzel Denisse<sup>1</sup> y Benigno Paredes Sergio<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>SERGBEN  
 itzeldelacruz\_11@outlook.com

En la zona de los complejos petroquímicos de la Cangrejera y Morelos, en Coatzacoalcos, Veracruz, se llevó a cabo la construcción de una nueva inmediación que incentivó al constante transporte de materiales y equipos sofisticados de gran peso, que formarían parte de dicha obra. Uno de los accesos principales a los complejos petroquímicos es un puente y resultaba de vital importancia establecer si dicha estructura soportaría el paso de un equipo de aproximadamente 1000 toneladas. Cabe mencionar que no se contaba con información alguna sobre las características constructivas de dicho puente y mucho menos del tipo de cimentación que presentaba. Con el objetivo de caracterizar la cimentación del puente, se realizó un estudio geofísico en donde se aplicaron varias técnicas en conjunto: Georadar, PIT (Pile Integrity Test), Ultrasonido y Sísmica de Reflexión. Se estableció entonces una documentación de cada una de estas técnicas geofísicas que fueron adaptadas para los fines del estudio, tanto en la adquisición como en su procesado y se logró definir el tipo de cimentación del puente y a partir de esto se tomaron las medidas necesarias para el traslado del equipo de gran magnitud.

EG-3

## CARACTERÍSTICAS TECTONOESTRATIGRÁFICAS EN LA CUENCA DE ALTAR, SONORA, MÉXICO, A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D

Puente-Huerta Jorge, González Escobar Mario y Martín Barajas Arturo  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
 jorgehuerta@gmail.com

El Golfo de California y la depresión de Salton contienen cuencas marginales que fueron segmentadas y abandonadas durante la evolución del sistema de rift oblicuo durante el Mioceno tardío a Plioceno temprano. Un ejemplo es la cuenca de Altar ubicada en el margen noreste del rift en Sonora, México, la cual contiene un importante registro de sedimentos de la primera incursión marina (Mioceno medio-tardío) y de los primeros depósitos deltaicos del río Colorado. Nuestro conocimiento sobre la parte sureste de la depresión de Salton, incluyendo la cuenca de Altar, es limitado debido al grosor en la capa sedimentaria que impide la identificación de estructuras, sedimentación y a los pocos estudios realizados en la zona. Se desarrolló un estudio de procesado e interpretación de perfiles sísmicos de reflexión 2D, ubicados en la parte norte de la cuenca Altar, con el objetivo de caracterizar sus propiedades tectonoestratigráficas, aprovechando que se cuenta con una base de datos colectada a finales de 70's, la cual hasta ahora se desconocía su contenido. Los resultados muestran el basamento acústico definido en las cuatro secciones sísmicas obtenidas, haciendo posible la correlación de este sismo-reflector de alta amplitud para posteriormente generar un modelo 3D de la configuración de dicho basamento. En ciertas regiones se observó que el basamento tiende a hacerse cada vez más somero hasta aflorar en superficie al noreste de la zona de estudio, por lo tanto, éste tiene un buzamiento hacia el sur, en la misma dirección de la progración del delta del río Colorado. Además, se identificaron 3

sismo-reflectores principales en todas las secciones sísmicas, que son consistentes con información lito-estratigráfica obtenida de pozos de control perforados en la zona. Por último, se ubicaron series de fallas someras en varias secciones sísmicas con las cuales se pudo hacer una correlación con el objetivo de obtener la orientación de estas.

EG-4

## CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO EN EL VALLE MEXICALI (DELTA DEL RÍO COLORADO) A PARTIR DE PERFIL SÍSMICO 2D TRANSVERSAL A LA FALLA IMPERIAL

Reyes Martínez Carlos Simón<sup>1</sup>, González Escobar Mario<sup>2</sup> y Montalvo Arrieta Juan Carlos<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL  
<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California  
 saimonplusplus@gmail.com

El Valle de Mexicali se ubica en el estado de Baja California dentro del Delta del Río Colorado que a su vez forma parte de la Depresión Saltón, colindando al este con el Desierto Altar, al Oeste con la Sierra El Mayor-Cucapah, al norte con el Valle Imperial y al Sur con el Golfo de California. Las principales estructuras tectónicas son las fallas destrales Imperial y Cerro Prieto que conforman el límite tectónico entre las placas de Norteamérica y Pacífico siendo conectadas por el pull-apart Cerro Prieto. Esta región cuenta con presencia de zonas geotérmicas, y sismicidad histórica de hasta  $M=7.2$ . En este trabajo se presenta un perfil sísmico a lo ancho del Valle de Mexicali y que corta de manera transversal a la Falla Imperial. La información utilizada data de la década de los 70's y fue adquirida por Petróleos Mexicanos (PEMEX), el procesamiento de los constó de: Prestack: Geometría, estáticas de elevación, estáticas de refracción y deconvolución. Stack: Estáticas residuales, análisis de velocidad y apilamiento. Poststack: Dip move out y Migración. Los resultados preliminares muestran estructuras de flor negativa al norte de la Cuenca Cerro Prieto y la estructura del basamento al Noreste del Valle Mexicali, así como también se observan anomalías caóticas y de baja amplitud en varias regiones del perfil, probablemente relacionadas a fluidos geotérmicas.

EG-5

## EXPLORACIÓN SÍSMICA Y TÉRMICA SOMERA Y SU CORRELACIÓN CON COLUMNAS LITOLÓGICAS DE POZOS EN LA CALDERA LA REFORMA, B.C.S., MÉXICO

Sena Lozoya Eleyra Berenice, Gómez Arias Efraín,  
 González Escobar Mario y González Fernández Antonio  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
 eleyra.sena@gmail.com

Dentro de la limitada información del subsuelo bajo la caldera La Reforma, Baja California Sur, se reportan algunas manifestaciones hidrotermales en superficie, que la colocan como una zona de interés geotérmico, principalmente para usos directos. Con el fin de conocer tanto la presencia y distribución de estructuras geológicas, así como su litología, en los primeros metros del subsuelo, se realizó un levantamiento de datos sísmicos de 4.8 km de longitud y se perforaron dos pozos someros de 55 m cada uno, en el límite entre la caldera La Reforma y el campo geotérmico Las Tres Vírgenes. Además, se llevaron a cabo registros de temperatura in-situ en cada pozo para estimar, como primera aproximación, su comportamiento térmico local (somero). Con la información sísmica se generaron modelos de velocidad de ondas S, mediante el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW, por sus siglas en inglés), los cuales se correlacionaron con las columnas litológicas de pozos, que consisten en secuencias de pómez, ceniza volcánica y basalto. Adicionalmente, el modelo de MASW se comparó con una sección sísmica de reflexión que presenta cuerpos de baja velocidad consistentes con anomalías de alta conductividad eléctrica cercanas a la zona de estudio, asociadas al fracturamiento y a la posible presencia de alteraciones hidrotermales. Por otro lado, se evaluó la variación de la temperatura superficial en un año y se identificó su efecto en los registros térmicos en los primeros 15 m de profundidad. Se estimaron también Temperaturas Estabilizadas de Formación (TEF) en 30 m, 40 m y en la profundidad máxima de cada pozo con 5 métodos analíticos; flujos de calor con el método de Bullard Plot y gradientes térmicos someros. Los resultados de las estimaciones térmicas muestran valores más elevados a los esperados para esa profundidad. Ambos pozos se ubican por encima de la zona de baja velocidad sísmica, lo que permite inferir que las anomalías térmicas pueden corresponder tanto a los efectos de la temperatura superficial como a la posible presencia de alteración hidrotermal en el subsuelo. Con estas observaciones, se sugiere continuar con la exploración tanto geofísica como térmica, de manera exhaustiva, en las zonas de anomalía sísmica, para evaluar con mayor precisión el potencial geotérmico de la zona de estudio.

EG-6

## EXPLORACIÓN SÍSMICA DE LA CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA

Maldonado Lua Tanny<sup>1</sup>, Perton Mathieu<sup>2</sup>, Figueroa Soto Ángel<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>2</sup> y Jousset Philippe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Helmholtz-Zentrum Potsdam  
tannylua@gmail.com

La zona geotérmica de Acoculco está ubicada en los límites de los estados de Puebla e Hidalgo y se considera asociada con un complejo volcánico de domos riolíticos emplazados en una fractura anular de 18 km de diámetro, en el límite entre la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. El paquete de tabajo 5.2 del proyecto GEMex se enfoca en estudiar esta zona a través del monitoreo sísmico a partir de una red de 16 estaciones de banda ancha. Se propusieron principalmente dos objetivos: obtener el modelo 3D de velocidad debajo de la caldera de Acoculco utilizando tomografía sísmica de ruido, así como la caracterización de la sismicidad generada por fallamiento activo que existen en la zona geotérmica. Se presentan los diferentes procesamientos de datos para obtener los modelos de velocidad. El primero procesamiento consiste en obtener las correlaciones cruzadas de registros de ruido entre pares de estaciones. Estas convergen hacia las funciones de Green entre cada par como si una de las estaciones fuera una fuente virtual y la otra quedara como receptor. El segundo procesamiento corresponde en obtener las velocidad de grupo de las ondas de superficie entre cada par de estaciones. El tercer proceso consiste en calcular los H/V a partir de las auto-correlaciones en cada estación. Finalmente, se obtienen los modelos de velocidad en profundidad debajo de cada estación realizando una inversión de las velocidades de las ondas de superficie conjuntamente a los HV. A partir del modelo de velocidad obtenido, se realizó una localización precisa de varios sismos detectados como locales, hasta aproximadamente un radio de 80 km. Eso permite estudiar la actividad sísmica del complejo geotérmico que puede ser relacionado a los sistemas de fallas con direcciones NE y NW previamente descritos por geólogos o a explosiones hidrotermales. Este trabajo se realiza en el marco del PT5.2 del proyecto GEMex, Convocatoria CONACYT-SENER S0019, 2015-04 proyecto N: 267084 y Horizon2020, grant agreement No. 727550 de la Unión Europea.

EG-7

## MODELO PRELIMINAR DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC A PARTIR DE MEDICIONES GEOFÍSICAS ELECTROMAGNÉTICAS

Corbo Fernando<sup>1</sup>, Ávila Oscar<sup>2</sup>, Vargas Rafael<sup>1</sup>, Franco Pedro<sup>1</sup> y Arzate Jorge<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

<sup>2</sup>Posgrado Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM  
fercorbo@geociencias.unam.mx

En México cerca del 88% de la energía primaria que se consume proviene del petróleo. Es la principal fuente de insumos para generar energía eléctrica y la principal fuente de combustibles para los sectores transporte e industrial. Según la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), el pico de producción en nuestro país ha pasado su pico de producción petrolera en 2004 y a la fecha ha consumido aproximadamente el 81% de sus reservas probadas (1P) y el 57% de las reservas posibles (3P). Por dicha razón, la cuenca de Chicontepec es considerada por sus reservas probadas y posibles de importancia mayúscula. De acuerdo con estimaciones de Pemex, en materia de petróleo crudo esta cuenca aporta más de la mitad de las reservas probables (54%) y posibles (53%) del país. Dicha cuenca se ubica en la parte centro Oriental de México, geológicamente comprendida en la Provincia Tampico-Misantla en la región de la planicie costera del Golfo de México, entre el cinturón plegado de la Sierra Madre Oriental (al oeste) y el Golfo de México (al este), al norte limita con el Alto de Tamaulipas y al sur con el Eje Neovolcánico Transmexicano. Ha sido investigada geofísicamente en diversas campañas de exploración sísmica por partes de empresas de exploración privadas y gubernamentales. Pero en dichas investigaciones, se han registrado grandes incertidumbres en sus mediciones e interpretaciones, ello se debe en gran medida a las intrusiones subvolcánicas y sills las cuales interrumpen y obstaculizan las señales sísmicas, debido a que actúan como reflectores que enmascaran la respuesta de dichas señales lateralmente y a profundidad (Delpino et al., 2009; Pena et al., 2009; Pena, 2010). Por dicha razón, en este trabajo se presenta una avance de nuevas mediciones geofísicas electromagnéticas en dicha cuenca, donde se adquirieron más de 50 nuevos sitios, a partir de los cuales se obtuvo de manera preliminar una distribución espacial de la resistividad eléctrica que refleja su geometría general. Dicho modelo presenta una gran coherencia con el sistema de fallas y estructuras cartografiadas. Además, se distingue la presencia de discontinuidades estratigráficas mayores y anomalías de resistividad contrastantes, las cuales las asociamos a la presencia de diferentes litologías y fluidos de cuenca (aceite, gas y salmueras). Proyecto CONACYT FC, N°1787.

EG-8

## MODELADO 3D DE DATOS AUDIOMAGNETOTELÚRICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE OJOS NEGROS, B.C.

García Suárez Erick y Ruiz Aguilar Diego

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

El último estudio geofísico realizado en el valle de Ojos Negros (Baja California), se llevó a cabo en 2013, en donde a partir de datos obtenidos con el método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) se generó un modelo de resistividades que fue correlacionado al acuífero de la región. Por otro lado, la CONAGUA reportó una disponibilidad media anual negativa de agua subterránea para el año 2015, lo cual indica que hay un uso intensivo del recurso hídrico en la zona de estudio. Por este motivo y dado que ha pasado un tiempo considerable desde el estudio mencionado, en el presente año se realizó una campaña de levantamiento de datos audiomagnetotelúricos (AMT) para así conocer la disposición actual del acuífero. Previo a la adquisición de los datos, realizamos un estudio de modelado tridimensional para investigar si la ubicación de las estaciones y el rango de frecuencias propuestos son los indicados para detectar efectivamente el acuífero. En este sentido, primeramente se crea un modelo sintético de resistividades en 3D tomando en cuenta la información obtenida de los datos de SEV del 2013, para así resolver el problema directo en AMT. Los datos AMT sintéticos son utilizados para realizar una inversión tridimensional. Dado que la inversión en 3D de datos AMT es un problema inverso bastante mal condicionado, se utilizan distintos parámetros de entrada para analizar e identificar los resultados óptimos. Este estudio de modelado tridimensional nos sirve además para conocer los artefactos que deriva la inversión en 3D de los datos observados en campo. Finalmente, se muestran resultados preliminares obtenidos del modelado inverso tridimensional aplicado a los datos AMT adquiridos en el valle de Ojos Negros y su correlación con el acuífero del valle de Ojos Negros.

EG-9

## MIGRACIÓN RTM EMPLEANDO CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO PARA LA EXPLORACIÓN PETROLERA

Herrera Pérez Jesús Antonio

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
shadiotk@gmail.com

La Migración RTM (Reverse Time Migration) por sus siglas en inglés, ha tenido un auge importante en la investigación desde hace un par de años gracias al avance del cómputo de alto rendimiento, usa la ecuación completa de la onda para invertir los modelos de velocidad (vp, vs) y la densidad del subsuelo ( $\rho$ ). Esta técnica calcula la diferencia entre datos observados de campo y sintéticos (a partir de un modelo de velocidades y densidades inicial) para producir un gradiente de cada parámetro llamados kernels de sensibilidad, que son usados para actualizar el modelo inicial de forma iterativa y obtener un modelo detallado de las estructuras del subsuelo. En este trabajo se aplicó la técnica de la formulación adjunta con datos reales provenientes del golfo de México. El mejoramiento del modelo de velocidades se realizó de manera asistida interpretando los resultados de los kernels de sensibilidad, minimizando así la función de desajuste con la norma L2. La solución del problema directo se obtuvo utilizando el método de diferencias finitas escalonadas propuesto por Madariaga (1976) utilizando fronteras absorbentes del tipo CPML aplicado al caso elástico por Komatich D. (2007) y Martin R. (2007) con una precisión espacial de cuarto orden y de segundo orden en tiempo. El algoritmo se paralelizó en CUDA utilizando las fronteras absorbentes para truncar el dominio por disparos y reducir los tiempos de cómputo. Se muestra un resumen del flujo de trabajo, problemas y soluciones de la estabilidad numérica y de la dispersión provocada por el tipo de tendido y adquisición de los datos reales, al igual que comparación de tiempos de cómputo con diferentes tarjetas de video.

EG-10

## IMPROVING DEPTH MIGRATION IMAGING USING NEAR SURFACE VELOCITIES IN COMPLEX LAND AREAS

Mantilla Julián<sup>1</sup>, Espindola Nancy<sup>2</sup>, Vivas Flor<sup>2</sup> y Estévez Erick<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Industrial de Santander, UIS

<sup>2</sup>Ecopetrol

jmantilla.arias@gmail.com

Depth migration is a sensitive process to velocity model used. Unsolved velocity anomalies on the near surface (weathering) induce miss position of reflectors on all the seismic section. Due to the difficulty of estimate an accurate near surface velocity model, miss position problems are commonly tried to solve using time statics corrections, however, statics solution methods does not solve the complex wave propagation in near surface. Improve depth migration imaging require a dynamic solution using an accurate near surface velocity model to wave propagation, but it has two major problems: first one is getting a detailed velocity model, second one is use this velocity model in the correct way to deal with high frequency velocity variations and complex topography on migration algorithm available. To address these two

problems we perform a serial experiments using refraction tomography (based on first break arrival on reflection survey) to build near surface velocity models and prestack Kirchhoff depth migration (KPSDM) using different datum, statics and near velocity solutions, over a 2D seismic land data. Results show visual improvements and repositioning of reflectors on the seismic section, especially in areas with abrupt topography changes, contributing to reduce uncertainty in depth migration by using a more realistic velocity model. As a lesson learned, tomography velocity model cannot reproduce all the weathering anomalies, being necessary to apply residual statics to compensate unsolved anomalies and details that Kirchhoff migration cannot handle.

EG-11

## SISTEMAS GEOTÉRMICOS NO MAGMÁTICOS, CASO ESPECIAL PLAYA LA JOLLA, ENSENADA, B.C.

Carbajal Martínez Daniel, Peiffer Loïc, Flores Luna Carlos Francisco, Inguaggiato Claudio, Fletcher John, Hinojosa Alejandro y Traviña Castro Armando  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
dcarbajal@cicese.edu.mx

En el área de Ensenada no hay evidencias de vulcanismo reciente, sin embargo, se han reconocido al menos 18 manifestaciones hidrotermales relacionadas con las principales fallas de la región. Una de las manifestaciones más importantes se encuentra al noreste de la península de Punta Banda, en playa la Jolla, la cual está relacionada con la falla Agua Blanca. Por tal motivo, la caracterización geofísica y geoquímica del recurso térmico para la región es importante, ya que puede ser aprovechado en usos directos como desalinización del agua de mar, secado de alimentos, invernaderos o para la producción de energía eléctrica. En el área de estudio caracterizamos la anomalía térmica en playa la Jolla y sus alrededores con mediciones de temperaturas terrestres y aéreas, además aplicamos los métodos geofísicos, transitorio electromagnético en el dominio del tiempo (TDEM) y tomografía de resistividad eléctrica (ERT), también recolectamos muestras de agua y gas de la manifestación térmica en playa la Jolla y de todos los pozos térmicos del área y realizamos mediciones de flujo de gas con cámara de acumulación. La combinación de los datos revela una estructura conductora de  $-0.8$  a  $1.8$  #\*m con un espesor promedio de 25 m en un área de 38 ha. El centro de la estructura esta relacionada con fluidos termales con temperaturas entre 70 y 90 °C y hacia el SW la estructura es más profunda, resistiva y fría  $\sim 30$  °C. La composición química e isotópica de #18O y #D indican que el fluido termal es el resultado de una mezcla entre un fluido meteórico termal y un fluido salino con 25 y 50 % de agua de mar. A pesar del porcentaje de mezcla la temperatura estimada con los geotermómetros es de 180 °C, dicha temperatura se considera como mínima debido a una posible reequilibración del fluido. Los isótopos de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , revelan que el fluido termal interactúa principalmente con rocas volcánicas. Además, las mediciones de flujos de gas  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  y los isótopos de #13C ( $\text{CO}_2$ ), indican que los procesos de desgasificación no provienen de actividad volcánica o una desgasificación profunda sino de la descomposición de materia orgánica marina por las altas temperaturas. Los isótopos de  $^3\text{He}/^4\text{He}$  apunta a un origen radiogénico. Finalmente, consideramos que la falla Agua Blanca es un conducto permeable donde existe una circulación profunda de un fluido meteórico, el cual se calienta por un gradiente geotérmico normal, migra y logra ascender en diferentes áreas a lo largo de la falla debido a una disminución de la presión hidrostática. Al llegar a la costa el fluido ha migrado a mayor profundidad, pero en el ascenso reduce su temperatura, debido a un proceso de mezcla con un fluido somero y frío que es agua de mar y a la conducción térmica de rocas superficiales.

EG-12

## ANÁLISIS PRELIMINAR DEL GRADIENTE GEOTÉRMICO EN LA FALLA PAJACUARAN EN EL ÁREA DE PERIBAN, MICHOACÁN

Martínez Reyes José, Moreno Nava Ignacio, Vera Romero Iván y Ortiz Soriano Agustina  
Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, UCM  
jmartinez@ucienegam.edu.mx

El área de la Ciénega de Chapala se encuentra al este del rift Cítala, que alberga un sistema geológico que da lugar a la actividad hidrotermal regional, principalmente las fallas Ixtlán y Pajacuaran. La actividad geotérmica regional se compone de un hidrotermalismo superficial que consiste en manantiales y pozos de agua caliente con temperaturas entre 48 y 94 C en Ixtlán de los Hervores y San Juan Cósala, así como volcanes de lodo en Los Negritos. Las aguas y gases de estas manifestaciones hidrotermales tienen características físico-químicas que indican la presencia de fluidos geotérmicos. En el presente trabajo se estudia localmente la falla de Pajacuaran en la población de Pajacuaran, Michoacán, en el punto de coordenadas  $20^{\circ} 7' 38.8''$  N y  $-102^{\circ} 32' 57.0''$  O con un georadar GPR GSSI SIR2000 con antena de 200MHz variable dieléctrica 4. Se midieron temperaturas de emanación de gases a través de la falla (SO<sub>2</sub>) en la superficie de la zona geotérmica en un rango desde 200 hasta 320 C con un analizador de gases BACHARACH PCA 3 y un termógrafo Fluke Ti 32 IF FUSION. Lo cual permite estimar un gradiente geotérmico desde 230 hasta 350 C a 1 km de profundidad, en base a lo cual se puede prospectar un recurso geotérmico potencial para usos varios en la zona.

EG-13

## CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA GEOTÉRMICO EN EL EJIDO URUAPAN, B.C. A PARTIR DE DATOS ELÉCTRICOS Y AUDIOMAGNETOTELÚRICOS

Morales Mora Jacqueline, Pérez Flores Marco Antonio y Ruiz Aguilar Diego  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California  
jmorales@cicese.edu.mx

En la zona del Ejido Uruapan, ubicada en el municipio de Ensenada, Baja California, se reportan manifestaciones geotérmicas superficiales tales como manantiales termales y temperaturas que varían de 40° a 60°, por lo tanto, se le considera como una zona con potencial geotérmico. Como primera etapa del programa de exploración geotérmica se decidió realizar un levantamiento de datos geofísicos, en donde se adquirieron 2 perfiles de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), 4 sondeos audiomagnetotelúricos (AMT) y 2 sondeos Transitorios Electromagnéticos (TEM). Los dos perfiles de TRE tienen una longitud de 270 m; se utilizaron los arreglos Dipolo-Dipolo (DD), Wenner (WN) y Schlumberger (SC), con separación eléctrica de 10 m. Los sondeos audiomagnetotelúricos se realizaron con dipolos eléctricos de 50 m y las señales fueron grabadas en un rango de frecuencias de 100 kHz a 10 Hz. Los sondeos TEM fueron adquiridos usando una configuración de bobina central con área efectiva de 30 x 30 m<sup>2</sup> para el Tx y de 100 m<sup>2</sup> para el Rx. Primeramente, se realiza la inversión 2D de los datos TRE. Después se aplica la inversión 1D de los datos TEM, el cual se toma como base para realizar la corrección por corrimiento estático (static shift) de los datos AMT. Posteriormente, se lleva a cabo la inversión 1D de los datos AMT corregidos utilizando las técnicas de Occam y Marquardt. Previo a la interpretación, se analiza la sensibilidad de los parámetros de los modelos inversos obtenidos. Finalmente, los modelos inversos son correlacionados con la información geológica y geoquímica de la zona de estudio. De esta manera, se concluyó que el área de estudio muestra rasgos característicos asociables a los elementos de un sistema geotérmico, como son la presencia de estructuras conductoras relacionadas con zonas de alteración hidrotermal, rocas con resistividades intermedias que forman el reservorio geotérmico y rocas de alta resistividad que están relacionadas al basamento.

EG-14

## ESTRUCTURA DEL SUBSUELO EN SECTORES DENTRO Y FUERA DEL CAMPO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES, B.C.S., MÉXICO, A PARTIR DE EXPLORACIÓN SÍSMICA Y GRAVIMÉTRICA

Casallas Moreno Karen Lorena, González Escobar Mario y Gómez Arias Efrain  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
casallas@cicese.edu.mx

El campo geotérmico Las Tres Vírgenes se encuentra en la parte noreste del estado de Baja California Sur, México, dentro del complejo volcánico Las Tres Vírgenes (CVLTV). Regionalmente el CVLTV se ve afectado por diversas etapas de deformación relacionadas con la apertura del Golfo de California durante el Mioceno Medio ( $\sim 12$ Ma) que dieron paso a la formación de un sistema tectónico, que funciona como una zona de debilidad mecánica, a través del cual ascienden los fluidos hidrotermales. Se realizó la adquisición, procesamiento e interpretación de datos sísmicos y gravimétricos, con el objetivo de determinar el comportamiento geológico-estructural en sectores dentro y fuera del campo geotérmico para definir nuevas zonas de interés. Se tomaron dos perfiles de sismica de reflexión dentro del campo geotérmico de 6.5km y 1.1km de longitud, en dirección NE-SW, en los que se interpretaron dos secuencias de sismorefectores de amplitudes altas y bajas, relacionadas respectivamente con el grupo vulcano-sedimentario del Complejo Volcánico y la formación andesítica Santa Lucía, las dos secuencias son cortadas por un sistema de fallas. En el perfil 1, también se aplicó el método sísmico de análisis multicanal de ondas superficiales (MASW), con el cual se construyeron modelos 1D y una sección transversal completa de la velocidad de la onda de corte, gracias a los cuales se definió la distribución de dos secuencias estratigráficas en los primeros 60m de profundidad, una de baja velocidad relacionadas con la capa de aluvión, altamente alterada de aproximadamente 27m y la otra, se trata de una capa de andesitas sanas correspondientes a la formación El Azufre. La información de los modelos fue correlacionada con las columnas litológicas del campo geotérmico. Se adquirieron 232 estaciones gravimétricas dentro y fuera del campo geotérmico. Se realizaron los mapas de las anomalías gravimétricas, a partir de las cuales se identificó un sistema de fallas principalmente en dirección NW-SE, las cuales pueden estar relacionadas con la productividad del campo geotérmico y se delimitaron los bordes de al menos 4 estructuras geológicas. Con base en la anomalía de Bouguer completa y la información litológica pozos perforados, se construyeron 4 modelos conceptuales bidimensionales en dirección NW-SE y NE-SW, donde se observa la distribución espacial de los 5 grupos estratigráficos que conforman el CVLTV y el sistema de fallas inheridas. Finalmente, con la integración de los resultados sísmicos y gravimétricos se plantean nuevas zonas de interés y probable extensión del potencial geotérmico.

EG-15

## ALGORITMO PRIMAL-DUAL PARA INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS SÍSMICOS Y GRAVIMÉTRICOS: GENERANDO MODELOS 3D DE LA ESTRUCTURA GEOFÍSICA COLOMBIANA

Sosa Anibal<sup>1</sup>, Zamora Azucena<sup>2</sup> y Velasco Aaron<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Icesi<sup>2</sup>University of Texas at El Paso  
uasosa@icesi.edu.co

Estudiar la evolución tectónica de la Tierra y su movimiento constante nos permite caracterizar, mediante una formulación y análisis geofísicos, la ubicación de fallas sísmológicas en la corteza inferior y determinar los posibles riesgos asociados con ellas. Presentamos un enfoque novedoso que incluye restricciones físicas en la formulación no lineal de nuestro problema de inversión conjunta, con el objetivo de determinar la estructura de la corteza y el manto superior. Trabajos anteriores han demostrado que la combinación de las velocidades de grupo de ondas de superficie y las anomalías de gravedad de Bouguer, pueden ayudar a identificar las características más sobresalientes del subsuelo, las mismas que podrían ser ignoradas por estudios geofísicos individuales. Nuestro enfoque parece mejorar la convergencia del algoritmo de inversión al introducir un efecto de regularización sobre los modelos, lo que evita la costosa búsqueda de los llamados parámetros de regularización. Estos parámetros son una pieza clave para la convergencia de los algoritmos de inversión. Mas aún, nuestra formulación primal-dual del problema inverso permite la inclusión de información a priori, que reduce la región factible de modelado de la corteza y del manto superior. Con el objetivo de dilucidar algunas de las controversias relacionadas con la compleja interacción de tres placas tectónicas en el subsuelo de Colombia, aplicamos nuestro enfoque utilizando conjuntos de datos dispares de alta calidad tomados de la recientemente mejorada red sísmica de Colombia. Con nuestro trabajo, esperamos no solo contribuir a la discusión científica, sino también ofrecer una alternativa novedosa para mejorar la convergencia y eficiencia de los métodos de solución de problemas inversos no lineales relacionados con el estudio de la estructura del subsuelo.

EG-16

## ESTIMACIÓN DE PROMEDIOS DE RESISTIVIDAD Y PROFUNDIDAD EN ACOCULCO, PUEBLA, A PARTIR DE DATOS MT

Avilés Esquivel Thalia Anaid<sup>1</sup>, Romo Jones José Manuel<sup>1</sup>,  
Arango Galván Claudia<sup>2</sup> y Salas Corrales José Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California, CICESE<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
tavilesesquivel@gmail.com

La inversión 1D de datos magnetotelúricos (MT) es una herramienta ampliamente utilizada para obtener una primera aproximación de la resistividad eléctrica del subsuelo. Los algoritmos que utilizan el principio de la navaja de Occam están entre los más utilizados y se caracterizan por obtener modelos simples con un número mínimo de estructuras. La calidad del modelo se estima calculando la diferencia entre las observaciones y la respuesta del propio modelo (RMS). Uno de los problemas inherentes a la inversión de datos, es que varios modelos distintos pueden explicar igualmente bien las observaciones, es decir se pueden obtener el mismo RMS con modelos diferentes. Por este motivo es importante tener alguna estimación del valor central y de la incertidumbre de los parámetros del modelo, es decir, de la resistividad y de la profundidad. En este trabajo utilizamos la propuesta de Gómez-Treviño (1996) para la estimación de promedios de resistividad en un intervalo dado de profundidad, así como para obtener una estimación de su incertidumbre. Es importante mencionar, que este algoritmo utiliza únicamente los datos observados y que no es necesario hacer suposiciones sobre los parámetros del modelo. En el presente trabajo se utilizó esta metodología para obtener y evaluar los modelos 1D de datos MT observados en una zona de interés geotérmico, en Acoculco, Pue. Además, se realizaron pseudo-secciones 2D para visualizar los resultados de los perfiles seleccionados. El objetivo principal, es mostrar las ventajas de utilizar este procedimiento para evaluar la sensibilidad y la resolución de las estructuras geoelectricas generadas a partir de la inversión 1D. Este trabajo, así como los datos presentados son parte del proyecto GeMEX (<http://www.gemex-h2020.eu>).

EG-17

## MODELADO 3D DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS ADQUIRIDOS EN LAS INMEDIACIONES DE LA ZONA GEOTÉRMICA DE LOS HUMEROS

Ruiz Aguilar Diego<sup>1</sup>, Romo Jones José Manuel<sup>1</sup> y Arango Galván Claudia<sup>2</sup><sup>1</sup>CICESE<sup>2</sup>UNAM

druiz@cicese.mx

En el marco del proyecto GeMex se llevó a cabo una campaña de levantamiento de datos magnetotelúricos (MT) a finales del 2017 e inicios del 2018 en las

inmediaciones de la zona geotérmica de Los Humeros. Las series de tiempo adquiridas han sido procesadas con técnicas de estadística robusta, realizando así la calidad de las funciones de transferencia. Dado que los sondeos MT están distribuidos a lo largo de perfiles que forman una malla, el modelado 3D de los datos es esencial para obtener una imagen del subsuelo que represente con mayor exactitud la distribución de conductividades en el subsuelo. En este sentido, primeramente realizamos la inversión 3D de las componentes de la antidiagonal del tensor de impedancias. Dado que la inversión 3D de datos MT es un problema inverso bastante mal condicionado, se analizan los resultados de diferentes rutinas de inversión variando los parámetros de entrada. Posteriormente se realiza la inversión 3D de todas las componentes del tensor de impedancias y se obtiene un modelo inverso óptimo. Antes de la interpretación, se realizan estudios de sensibilidad para conocer los parámetros del modelo inverso 3D que están mejor resueltos, así como para conocer la profundidad máxima de investigación. Finalmente, se correlaciona el modelo inverso 3D de resistividades con la información geológica, distinguiendo la estructura conductora relacionada al material arcilloso producto de la alteración hidrotermal (i.e. clay cap).

EG-18

## RESULTADOS PRELIMINARES DEL MODELADO GRAVIMÉTRICO 2D DEL GOLFO DE MÉXICO

Rodríguez Chávez Francisco y Urrutia Fucugauchi Jaime

Instituto de Geofísica, IGEF

francisco.rod.cha@gmail.com

Se presentan los resultados preliminares del modelado gravimétrico bidimensional a partir de datos satelitales de gravimetría global integrada de los sistemas ERS-1, CryoSat-2, Envisat y Jason-1. El Golfo de México es una cuenca caracterizada por corteza oceánica y transicional; su parte central presenta corteza oceánica formada por procesos de esparcimiento durante el proceso de apertura en el Jurásico Medio. Para restringir los modelos se tomaron en cuenta los cálculos de profundidad del basamento magnético a partir de la estructura térmica del Golfo de México, la profundidad propuesta por la discontinuidad de Mohorovičič y información de reflexión sísmica regional 2D. A pesar de que las respuestas de la profundidad de basamento sísmico, magnético y gravimétrico ofrecen respuestas distintas en el Golfo de México, se intenta aproximar estos modelos para estimar una propuesta estructural de la raíz de la corteza continental, transicional y oceánica en perfiles gravimétricos 2D en dirección norte-sur y este-oeste.

EG-19

## CARACTERIZACIÓN Y MODELO GEOLÓGICO A PARTIR DE LA EXPLORACIÓN MAGNETOMÉTRICA EN SAN ISIDRO LAGUNAS, OAXACA

Velasco-Lindero Miguel Ángel, García-Serrano  
Alejandro, Aguirre-Díaz Juan Pablo y Ortiz-Osio Manuel  
Universidad Nacional Autónoma, UNAM  
kaizack@me.com

La comunidad de San Isidro Lagunas se ubica al oeste de la Falla Tamazulapam, una estructura de rumbo promedio Norte-Sur que, dentro de la zona de estudio, pone en contacto rocas sedimentarias de la formación San Isidro con las rocas sedimentarias de la formación Chilapa. La localidad demanda mayores volúmenes de agua para sustentar las actividades socioeconómicas. En época de temporal se forman dos lagunas de dimensiones considerables cuyo volumen se infiltra al subsuelo de manera acelerada y se considera a la falla como parte del problema. Con base en la información magnética se buscó caracterizar la distribución espacial de la falla y generar un modelo geológico de la cuenca. Para el levantamiento de los perfiles se emplearon los magnetómetros Geometrics G858 MagMapper y GEM GSM-19 con los que se recabaron 6900 mediciones repartidas en 23 perfiles con 1380 estaciones y se cubrió un área aproximada de 20 km<sup>2</sup> dentro de San Isidro Lagunas. Se obtuvo la deconvolución de Euler de los perfiles y a partir de las profundidades resultantes se obtuvo un modelo geológico.

EG-20

## DEDUCIENDO FALLAS DEL BASAMENTO DE UN VERTEDERO DE DESECHOS URBANOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LINEAMIENTOS DE GRAVEDAD Y MAGNÉTICOS

Alatorre Zamora Miguel Ángel<sup>1</sup>, Campos Enríquez José  
Oscar<sup>2</sup>, Fregoso Becerra Emilia<sup>3</sup> y Belmonte Jiménez Salvador<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, U de G<sup>2</sup>Instituto de Geofísica<sup>3</sup>CIDIR-Oaxaca

alatorre2004@hotmail.com

Se reporta un estudio de los sistemas de fracturas del basamento andesítico del vertedero sanitario de Guadalajara, Jalisco, cerca del borde oeste del cañón del Rio Grande de Santiago. Mediciones en los afloramientos indican que sistemas de

fracturas N-S (0-15° y 165-180°), N45-90E y N105-135W afectan al basamento. Un análisis estadístico (método micromagnético) de azimuts de alineamientos magnéticos indican la presencia de dos grupos de lineamientos. El mayor (N60-120E) tiene un máximo en N90-115E, y un grupo secundario (N120-165W). Las anomalías gravimétricas se caracterizan por un grupo mayor (N60-120E, con máximos en N60-75E y N105-120E), y uno secundario (N120-180E). Resultados del método micromagnético son consistentes con las orientaciones de las fracturas, y con los límites establecidos con el empleo de técnicas de detección de bordes. Lineamientos establecidos por medio de una deconvolución de Euler conjunta son también consistentes. Este método auxilió a estimar las profundidades de los límites de fuentes comunes para las anomalías de campo potencial, indicando la naturaleza de contacto o falla de estos lineamientos. La naturaleza de fallas o fracturas de los lineamientos mayores fue finalmente confirmada por modelado directo e inverso (inversión de gravedad en 3-D, inversión conjunta magnética y de gravedad en 3-D y modelado directo cooperativo de perfiles magnéticos y gravimétricos). Por ejemplo, lineamientos que delimitan una depresión al norte se podrían caracterizar como fallas normales. En general, este estudio indica que es posible, basándose en datos gravimétricos y magnéticos, caracterizar fracturas que afecten el basamento de un relleno sanitario o un vertedero, y esto es un parámetro clave en estudios hidrogeofísicos. En particular, las estructuras inferidas se pueden asociar con fallamiento tectónico regional, lo que podría proporcionar caminos para la migración de lixiviados hacia el exterior del vertedero o relleno, dando lugar a la contaminación del ambiente circundante. En específico, el estudio ayuda a explicar la presencia de lixiviados al NE del sitio. Contenido de metales pesados en muestras de estos lixiviados apoya el hecho de que estos lixiviados se originan en el sitio.

EG-21

### MODELADO GRAVIMÉTRICO EN LAS CUENCAS DE ANTEARCO, SEBASTIÁN VIZCAÍNO-PURISIMA, EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

García Abdeslem Juan  
CICESE  
jgarcia@cicese.mx

En la región centro-occidente de la Península de Baja California las anomalías de gravedad sugieren la presencia de un antifirma que separa las cuencas de antearco Sebastián Vizcaíno-Purisima. Datos de pozos perforados por PEMEX muestran que estas cuencas acomodan secuencias sedimentarias, siliciclásticas y volcánicas del Cuaternario al Cretácico tardío, separadas por tres discordancias mayores, que sobreyacen basamento cristalino ígneo y metamórfico del Cretácico temprano, sugiriendo que estas cuencas se formaron al tiempo en que la Placa Farallón subducía bajo Norte América. Se realizó la modelación inversa lineal de la anomalía isostática residual, utilizando un modelo inicial acotado con la litología superficial, expresada como un contraste en densidad que decrece con la profundidad, suponiendo compactación de sedimentos y aumento de su densidad con la profundidad. Utilizando datos gravimétricos a dos niveles sobre la superficie topográfica, se obtuvo un modelo que explica los datos observados y expresa la estructura cortical en términos de su contraste en densidad. La región entre 10 y 15 km de profundidad sugiere la presencia de rocas máficas-ultramáficas que siguen la tendencia del antifirma Lagunitas y de la Península de Vizcaíno. La región somera del modelo sugiere que las cuencas acomodan hasta 6 km de sedimentos, y delinea la geometría de su basamento en forma consistente con la profundidad reportada en los pozos perforados por PEMEX. Se interpreta que el antifirma, perforado en el pozo Lagunitas, pudiera ser parte de un diapiro de rocas ultramáficas serpentizadas, que ascendió desde el tope de la placa subducida, se emplazó y deformó la corteza superior, separando el depocentro de una primitiva cuenca de antearco, dando lugar a las cuencas Sebastián Vizcaíno y Purisima.

EG-22

### PSEUDO MODELO DE RESISTIVIDAD 3D EN EL GRABEN DE SANTIAGO PAPANQUIARO A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS

Ávila Oscar, Corbo Fernando, Ferrari Luca y Vargas Rafael  
Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM  
aliva.raco@gmail.com

Este trabajo presenta el pseudo modelo tridimensional de resistividades eléctricas a partir de 34 sondeos magnetotéluricos de amplio espectro (BMT), el cual forma parte de un proyecto multidisciplinario que se realiza en la región de Santiago Papanquiario (Durango), que tiene como objetivo su caracterización con fines geotérmicos. Esta región se localiza en los límites de las provincias geológicas de la Mesa Central y la Sierra Madre Occidental donde convergen dos estructuras: el graben de Santiago Papanquiario con una dirección NNW-SSE y, hacia su límite norte, entre otras estructuras extensionales pertenecientes al sistema de fallas San Luis Potosí – Tepahuanes, con una orientación preferencial NW-SE. La columna estratigráfica se compone principalmente por ignimbritas, riolitas, andesitas y rocas sedimentarias continentales. Para la adquisición de los sondeos BMT, se dispuso de un arreglo en 5 perfiles a lo largo y ancho del graben. A partir del modelado de los datos, se obtuvo una buena aproximación de la geometría del graben y del contacto entre el relleno sedimentario con el estrato basal que lo subyace. Para lograr dicho modelo, se realizó un análisis de strike geoelectrico con el código MTDIM (Castro-Soto y

Corbo-Camargo, 2016) y las inversiones bidimensionales de los perfiles (rotados al strike calculado) mediante el algoritmo de los gradientes conjugados no lineales (NLGC) (Rodi y Mackie, 2001). Los resultados muestran una buena correlación entre las secciones de resistividad con estructuras y fallas geológicas cartografiadas por el equipo de geología del proyecto. Además, los modelos identifican un incremento contrastante en los valores de resistividad (>200 Ohm-m) en la zona de contacto del relleno sedimentario con el estrato basal, alcanzando una profundidad máxima aproximadamente de 1900 m. en el centro del Graben. Asimismo, los perfiles 2 y 3, a lo largo de sus últimos 10 km al Este presentan anomalías asociadas con un descenso abrupto del estrato basal, el cual se profundiza entre 2500 y 3000 m. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT proyecto IV100117.

EG-23

### ANÁLISIS MULTIESPECTRAL Y AEROMAGNÉTICO DEL SISTEMA DE FALLAS DE LA REGIÓN LO HUMEROS, ESTADO DE PUEBLA

Meneses Delgado Luis Enrique y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCo-BUAP  
luis.menesesd2115@gmail.com

Meneses Delgado Luis Enrique & Muñoz Máximo Ignacio Área de Geociencias Aplicadas Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento, BUAP. Apartado Postal 72570, Puebla, Pue., México. luis.menesesd2115@gmail.com imunozcp@gmail.com El Campo Geotérmico Los Humeros, ubicado en el noreste del estado de Puebla, actualmente es uno de los campos geotermoeléctricos más importantes para Comisión Federal de Electricidad (CFE). Sin embargo, en la última década el campo ha sufrido una caída en la producción eléctrica, lo cual ha motivado nuevas campañas de exploración geofísica, geológicas y geoquímicas. A pesar de los miles de datos con que se cuenta, uno de los principales debates recae en el modelo geológico estructural. La aplicación de métodos geofísicos en el estudio y búsqueda de estructuras de carácter mayor, acompañado con el análisis de imágenes de satélite, por técnicas de percepción remota, es una opción que permite identificar rasgos estructurales observados en superficie y su posible correlación con estructuras subterráneas, siendo en los últimos años el análisis aeromagnético una poderosa herramienta en la planeación de campañas de exploración. En esta investigación a partir del uso de sistemas de información geográfica (SIG), el análisis de datos aeromagnéticos, la información geológica disponible, y el análisis multispectral de una imagen LANDSAT 8, se presenta el análisis de los principales lineamientos geológicos identificados, su relación con la red de escurrimientos, y una propuesta geológico estructural inferida del sistema de fallas que gobierna el campo Geotérmico de los Humeros, a partir del tratamiento integral de la información disponible.

EG-24

### INTERPRETACIÓN DE DATOS AEROMAGNÉTICOS Y GRAVIMÉTRICOS DEL ÁREA DE ORTIZ Y LOS ARRIEROS, EN LA PORCIÓN CENTRAL-SUR DE SONORA, MÉXICO

Martínez Retama Silvia, Vidal Solano Jesús Roberto y Vega Granillo Ricardo  
Universidad de Sonora, UNISON  
silvia.martinez@unison.mx

El Noroeste de México y en particular el Estado de Sonora ha sido considerado como territorio nodal para indagar y explicar la evolución tectono-magmática de la región y su relación con el Proto-Golfo de California. En este sentido el objetivo de este estudio es obtener una caracterización geofísica- geológica de las principales anomalías magnéticas y gravimétricas que permitan diferenciar las unidades litológicas y rasgos estructurales sepultados y su relación con la evolución geodinámica del Proto-Golfo de California. La zona de estudio se ubica en la parte central – sur del Estado de Sonora, en la porción sur de la Sierra Libre, la cual pertenece a los municipios de Hermosillo y Guaymas, se localiza aproximadamente a 65 km al sur de la ciudad de Hermosillo, Sonora. En el área de estudio se encuentran rocas sedimentarias, rocas ígneas intrusivas y extrusivas, con edades que varían desde el Paleozoico hasta el Reciente. En este trabajo se procesaron e interpretaron datos aeromagnéticos de campo total de las cartas Ortiz (H12-D71) y Los Arrieros (H12-C79) obtenidas por el Servicio Geológico Mexicano, así como datos gravimétricos de la Anomalía de Bouguer registrados por el INEGI. La información digital se procesó, para lo cual se aplicaron diferentes filtros como análisis espectral y filtrado de bajas frecuencias, continuación de campo, derivadas verticales y horizontales, señal analítica y método de Euler. A partir de un filtrado de bajas frecuencias se identificaron anomalías magnéticas asociadas a estructuras profundas, en donde la roca que conforma el basamento se correlaciona con granito-grandiorita (KsTpaGr-Gd) asociado a estructuras batolíticas, el cual se halla distribuido en toda la zona de estudio. Otra litología identificable a profundidad es la conformada por el conjunto de basaltos y andesitas –dacitas (TmB y TmA-Da), que reflejan dos altos magnéticos alargados de alta intensidad con orientación NW-SE localizados en el centro sur y suroeste de la zona de estudio. Se distingue otro grupo litológico a profundidad, en este caso representado por dos bajos magnéticos alargados, conformado por rocas sedimentarias como calizas, areniscas, conglomerados polimícticos, limos y arenas, depositadas en cuencas

profundas con orientación NW-SE y E-W. En lo que corresponde a estructuras o lineamientos a profundidad, es reconocible el trazo de una falla con orientación NW-SE que sirve de límite entre una cuenca sedimentaria y litología basáltica, en lo que pudiera ser una estructura tipo horst y graben. Es notoria la presencia de una estructura semicircular a manera de cuenca, que por su ubicación en lo que sería la Sierra Libre bien puede inferirse como una caldera.

## EG-25 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE UNA ZONA CON VESTIGIOS DE MINERALIZACIÓN EN EL EJIDO DE TEXCAL, CUYOACO, PUEBLA, A PARTIR DE MAGNETOMETRÍA Y GEORADAR

Bolaños Cázares Evelyn, Cordero Martínez Estefanía, Flores Palafox Estephany y González Hernández Julio César  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
evelynpbc14@gmail.com

Al noreste del estado de Puebla, en el ejido de Texcal, municipio de Cuyoaco, se presentan alteraciones químicas en rocas ígneas extrusivas con tonalidades amarillentas a rojizas asociadas a procesos de oxidación. Tomando en cuenta la extinta actividad volcánica, se cree que este comportamiento pueda continuar en el subsuelo del terreno. El interés mineralógico por la notable presencia de óxidos de hierro sugiere que los métodos más efectivos para explorar este tipo de materiales, son el método de prospección magnética, el cual se correlacionó, para una mejor caracterización somera con datos de georradar (GPR, por sus siglas en inglés: ground penetrating radar) En la zona de estudio se realizaron seis perfiles de GPR, que nos permitieron evaluar el comportamiento estructural del subsuelo somero mediante de radargramas que se procesaron con ayuda del software Prism2®, propiedad de Radar Systems Inc. El procesamiento de los datos magnéticos obtenidos, se realizó por medio del software Oasis Montaj®, propiedad de Goessoft™. En los resultados preliminares, obtenidos a partir del tratamiento y comparación del mapa de anomalías de primera derivada del campo magnético y los radargramas, se aprecian tres cuerpos anómalos, atribuidos preliminarmente a la presencia de estructuras posiblemente mineralizadas, lo cual coincide en ambos estudios. Dicho análisis se complementará con el modelado de anomalía magnética, constreñido por medio de los perfiles GPR, además de correlacionarse con los resultados de estudios sísmicos y de tomografía eléctrica resistiva realizados en la misma zona por diferente brigada para una interpretación más certera y una adecuada caracterización.

## EG-26 CARTEL

### ¿FUNCIONAN LOS MÉTODOS GEOELÉCTRICOS PARA LA DETECCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO?: EL CASO DEL VALLE DE GUADALUPE, B.C.

Monge Cerda Fabián y Flores Luna Carlos Francisco  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
fmonge@cicese.edu.mx

Los métodos geoeléctricos se cuentan entre las técnicas geofísicas más utilizadas en la estimación del nivel freático en cuencas geohidrológicas. En la mayoría de los casos esta estimación es exitosa, sin embargo, hay casos reportados en donde esto no ocurre. Se analizó este problema en la subcuenca Calafia del Valle de Guadalupe; una de las cuencas geohidrológicas más estudiadas de México, además de ser una de las regiones económicamente más importantes de la península de Baja California, ya que hasta un 90% del vino en México es producido en esta región. En un estudio previo en esta zona, la profundidad de la capa conductora mostrada por un Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) no correspondía con el nivel freático medido por un pozo cercano a dicho SEV. La razón de esta discrepancia fue una de las principales razones que motivó la realización de este trabajo. En el presente estudio, se compararon datos de estudios geofísicos realizados en el año 1986 (SEVs), con datos nuevos obtenidos de la aplicación del método Transiente Electromagnético (TEM), con el principal objetivo de establecer el grado de coincidencia de la profundidad de la capa conductora interpretada de los métodos geoeléctricos utilizados en este trabajo, con el nivel freático medido directamente en pozos. Se graficó las profundidades al nivel freático medidas en pozos contra la profundidad de la capa conductora interpretada de la inversión de datos de SEVs y TEMs. Se encontró una buena coincidencia entre ambos tipos de mediciones al aplicarle un ajuste lineal simple a estos datos. El ajuste mejoró al aplicarle a los datos un algoritmo de máxima similitud, el cual ajusta también una línea de mejor ajuste, pero tomando en cuenta errores en X y Y. Se presenta además un perfil geoeléctrico SW-NE, que atraviesa la zona de estudio, con el que se pudo delinear la geometría del basamento de la subcuenca Calafia del Valle de Guadalupe. Finalmente, se presenta un análisis bibliográfico, en el que se buscó saber cuál tipo de correlación entre la profundidad de capa conductora y el nivel freático medido dominaba en estas publicaciones: positiva o negativa. Se revisaron alrededor de 250 publicaciones, de las cuales sólo 110 presentaban información del nivel freático y de la profundidad de la capa conductora. De estas 110 publicaciones, alrededor de un 60% presentan correlación positiva, mientras que, para nuestra sorpresa, la correlación negativa representa un 40%. Cuando la correlación es negativa la razón principal parece ser debido al contenido de arcilla del suelo.

## EG-27 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE POSIBLES CUERPOS MINERALIZADOS EN EL EJIDO DE TEXCAL, CUYOACO, PUEBLA, MEDIANTE SÍSMICA DE REFRACCIÓN Y TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS RESISTIVAS

Sampayo Rodríguez María Fernanda, Rodríguez González Lizeth, Flores Palafox Estephany y González Hernández Julio César  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
fernanda.s.r1998@outlook.com

El presente trabajo consiste en la descripción y análisis de los datos obtenidos en campo por medio del método sísmica de refracción y de microtemores (ReMi), esto con la finalidad de establecer un modelo de velocidades en capas que nos permita determinar la constitución física de las rocas que se encuentran en el subsuelo de la zona de estudio, localizada en el ejido de Texcal, municipio de Cuyoaco al noreste del estado de Puebla. De igual manera se utilizará el método de tomografías eléctricas resistivas para conocer la forma y posibles estructuras que se encuentren en el subsuelo, así como la caracterización de los materiales presentes, mediante el análisis de los modelos de resistividad obtenidos. La investigación se inició con base en la geología de la zona, con el objetivo de determinar zonas con posible mineralización, ya que se han encontrado vestigios de oxidación de rocas ígneas extrusivas lo cual genera interés en los habitantes de la zona. Cabe mencionar que en los resultados obtenidos mediante la aplicación de sísmica, se encontró que el área de interés contiene velocidades de propagación correspondientes a rocas sedimentarias e ígneas, estas últimas posiblemente correspondientes a tobas, y en cuanto a las tomografías eléctricas, en una de ellas se ubican cuatro cuerpos a una profundidad de aproximadamente 8 m, con resistividades que van desde los 2154 a 3381 ohm.m, dichas resistividades se podrían asociar en primera instancia a la presencia de hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), la cual se puede encontrar como un mineral asociado en rocas ígneas. Estos resultados serán correlacionados con estudios de magnetometría adquiridos en la misma zona, para establecer una comparación por medio de las lecturas de campo magnético entre las zonas de mineralización y las de los materiales adyacentes, dado que en los estudios de magnetometría se han confirmado tres zonas anómalas. Así mismo, se correlacionarán los resultados con datos de GPR para una mayor resolución y por lo tanto tener una mejor delimitación de la posible zona de mineralización. Finalmente, lo que se pretende es conocer el origen de dichas anomalías y describir adecuadamente sus propiedades físicas, comparando los distintos métodos geofísicos empleados.

## EG-28 CARTEL

### APLICACIONES DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA A PROBLEMAS DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA EN LA MINERÍA

Tejada Kellwi, Quispe Selene y Parra Denys  
Anddes Asociados SAC  
kellwi.tejada@anddes.com

Los estudios para caracterizar los materiales que conforman la cimentación de los componentes mineros, contemplan por lo general la ejecución de investigaciones directas como calicatas o perforaciones. No obstante, las limitaciones de estos ensayos están relacionadas principalmente a su ubicación espacial y la dificultad de modelar los posibles peligros presentes en la zona a evaluar como fallas geológicas, cavidades, rotura de geomembranas, etc. dado que son puntuales; en el caso de las perforaciones diamantinas, estas implican costos usualmente elevados. El ensayo de tomografía eléctrica de resistividad, basado en la medición de las variaciones de las propiedades eléctricas del subsuelo lateralmente como en profundidad, recientemente se ha convertido en una de las técnicas de exploración geofísica más usadas para el modelamiento del subsuelo de forma indirecta, es decir, sin producir impactos al medio ambiente con resultados bastante coherentes. El presente trabajo se ha enfocado principalmente de mostrar las últimas aplicaciones del ensayo de tomografía eléctrica en el diseño y evaluación de diferentes proyectos de ingeniería en minería en el Perú, tales como pads de lixiviación, presas de relaves, botaderos, entre otros, donde esta tecnología ha demostrado exitosamente su aplicabilidad, detectando fugas en presas de relave, zonas de deslizamiento, detección de cavidades, etc., previniendo a largo plazo impactos ambientales, remediación de estructuras mineras y potenciales problemas legales.

## EG-29 CARTEL

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE DATOS GEOFÍSICOS EN UN MODELO CONCEPTUAL GEOTÉRMICO CON APLICACIÓN A LOS HUMEROS, PUEBLA

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

Se presenta un análisis numérico de la sensibilidad de datos magnetotéluricos (MT), de gravedad y de magnetismo a la distribución de algunos de los parámetros más importantes en la evaluación de un yacimiento geotérmico: la resistividad, la densidad y la magnetización. Se investigaron los rangos de variación en los

valores y la profundidad máxima a la cual cada una de estas propiedades físicas son perceptibles en las respuestas de diferentes arreglos de datos geofísicos tomados en superficie. Para lograrlo se construyó un modelo conceptual geotérmico basado en el campo de Los Humeros, Puebla y se calculó su respuesta en los métodos magnetotélúrico, gravimétrico y magnetométrico. Se utilizaron algoritmos de modelado 3D de gravedad y magnetismo, y modelado 2D de MT elaborados a partir del enfoque de elemento finito con el propósito de incluir pequeñas variaciones en la geometría de los cuerpos y en los valores de las propiedades en zonas clave del modelo geotérmico: zonas de falla, capa sello y reservorio. El análisis de las matrices de sensibilidad muestra las principales contribuciones de cada uno de estos tres tipos de datos en casos de prueba ideales y con ruido. Además, se examinan algunos casos límite en los cuales cada uno de estos tipos de datos podría ser fundamental para la interpretación del yacimiento geotérmico de los Humeros.

### EG-30 CARTEL

#### CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA Y GRAVIMÉTRICA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Vargas Huitzil Eliana, Carrillo López Jonathan y Pérez Flores Marco Antonio  
Centro de Investigación Científica y de Educación superior de Ensenada, CICESE  
eliana@cicese.edu.mx

1Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
2Departamento de Geofísica Aplicada. 3Cooperation in Geothermal energy research Europe-Mexico for development of Enhanced Geothermal Systems and Superhot Geothermal Systems (GEMex) En México la energía geotérmica ha recobrado relevancia como una fuente de energía renovable. Para ser extraída se requiere de exploración geofísica, la cual tiene como propósito identificar las zonas con mayor potencial. Específicamente el trabajo está enfocado en la zona geotérmica de Los Humeros, que se encuentra ubicada en el sector oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano y es uno de los principales complejos geotérmicos, actualmente ocupa el tercer lugar de producción de energía geotérmica del país. Por lo tanto, la comprensión de la estructura es de importancia para el desarrollo eficiente del campo. En este trabajo se emplearon técnicas de exploración magnética y gravimétrica con el objetivo de identificar las principales estructuras geológicas por el contraste en sus propiedades (susceptibilidad magnética y densidad). Los resultados obtenidos permitieron definir la forma y estructura de la caldera, además de la identificación de fallas geológicas que predominan en la zona.

### EG-31 CARTEL

#### INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS SÍSMICOS ACTIVOS Y PASIVOS PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DE VELOCIDADES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUEBLA

Carmen Avila Luis Fernando<sup>1</sup>, Caló Marco<sup>2</sup>, Angulo Joelf<sup>3</sup>, Figueroa Ángel<sup>4</sup>, Barison Erika<sup>4</sup> y Poletto Flavio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, IPN

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

<sup>4</sup>Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, OGS, Trieste, Italia  
luishuman@hotmail.com

El campo geotérmico de Los Humeros (Puebla) cuenta con una capacidad instalada de 94 MW, -y ocupa el tercer lugar en producción de energía eléctrica en el país. - es por ello la importancia de su estudio. En el marco del proyecto de colaboración entre México y Europa, GeMex, se instaló una red de 45 sismómetros durante el periodo 2017-2018 (20 estaciones de periodo corto de 1s y 25 de banda ancha de 120s), de la cual permitió localizar un total de 487 sismos en donde se realizó un análisis de tomografía sísmica tridimensional de la caldera (Cruz, et al.), para estudiar y caracterizar la estructura del campo. Se dispone además de 4 líneas sísmicas 2D proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), adquiridas en el año de 1998. El objetivo principal fue generar un modelo de velocidades del campo Los Humeros, a través de la combinación y adaptación de ambas bases de datos. El trabajo permite dar una mejor resolución en la parte somera, por lo que se retoman los picados de primeros arribos de cada shot gather perteneciente a la sísmica 2D. Para la realización del modelo de velocidades se hizo uso del método de tomografía por Doble Diferencia, lo cual permite de incorporar en el proceso de inversión dos conjuntos de datos: 1) los datos absolutos obtenidos del picado de las fases sísmicas activas y pasivas y 2) los datos diferenciales calculados entre pares de datos cercanos registrados en las mismas estaciones. La técnica que se está aplicando permite entonces incrementar la cantidad de información disponible para inversión tomográfica y mejorar la considerablemente la resolución de los modelos de velocidades. Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACyT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084 y Horizon 2020, grant agreement No. 727550

### EG-32 CARTEL

#### CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL ACUÍFERO REGIONAL EN EL POBLADO DE EL RODEO, MEXQUITIC DE CARMONA, SLP

Molina Carmona Nayeli<sup>1</sup>, Delgado Rodríguez Omar<sup>2</sup> y Osorio Rodríguez María Guadalupe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

<sup>2</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica  
nayelilmc97@hotmail.com

El área de estudio se ubica en la porción Suroeste de la región hidrológica del Salado, localizada en la porción nororiental del municipio y limita al norte con la cuenca Matehuala, al oriente con la cuenca Sierra Madre, al sur y suroriente con la región hidrológica Pánuco y al poniente-sur poniente con la cuenca San Pablo. Asimismo, el poblado del rodeo está dentro de la cuenca hidrográfica Presa San José-Los pilares (Rh37G), abarcando un área de 940,218 m<sup>2</sup>. La geología predominante de la zona está constituida principalmente por tener como base rocas que comprenden edades del Cretácico Inferior al Reciente, rocas volcánicas del Terciario, rocas clásticas continentales de origen Lacustre del Holoceno, así como depósitos de aluvión del Cuaternario. El principal mecanismo de recarga de la cuenca es originado por la filtración de lluvia y del escurrimiento superficial al ser una cuenca cerrada (endorreica). Por último, el uso del agua superficial y subterránea para el poblado es de vital interés, debido a que se cuenta con 212 habitantes y sólo el 24% goza del servicio de agua entubada, haciendo necesaria la existencia de pozos de abastecimiento que satisfaga las necesidades. Con la finalidad de proponer sitios viables para la perforación de pozos, se realizaron estudios de prospección geofísica aplicando el método magnético y el método eléctrico. Tanto el levantamiento magnético como el eléctrico se constituyeron de 9 perfiles distribuidos en las inmediaciones del poblado. El procesamiento de cada uno de los datos nos será de utilidad para lograr una visualización de la respuesta magnética y eléctrica de los materiales presentes en el subsuelo. Cabe mencionar, que el proyecto terminará con la realización y procesamiento de tomografías eléctricas para tener una mejor resolución del acuífero. Aunado a esto; la información geológica ayudará a obtener una mejor comprensión del funcionamiento del acuífero, y de tal manera poder identificar las zonas con un alto potencial para la perforación de pozos de abastecimiento.

### EG-33 CARTEL

#### SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D EN UN SECTOR DE LA CUENCA MAZATLÁN, PLATAFORMA CONTINENTAL DEL PACIFICO (ESTADOS DE SINALOA Y NAYARIT)

Sánchez-Barra Abril Celeste, González Escobar Mario, Martín Barajas Arturo, Arregui Sergio, Mendoza-Borunda Ramón, Pacheco Romero Martín, Mastache Román Edgar Agustín y Gallegos-Castillo Cristian Alejandro

CICESE

asanchez@cicese.edu.mx

Se realiza un estudio de sísmica de reflexión 2D, en un sector de la Cuenca marginal de Mazatlán, la cual está emplazada en la plataforma continental del Pacífico y parte costera de los estados de Sinaloa y Nayarit, México, y forma parte del dominio del Golfo de California. Esta región se caracteriza por estar localizada en dos regímenes tectónicos; subducción y rifting continental. Otra característica es que presenta vulcanismo intraplaca, lo cual es conocido debido a la presencia de la Isla Isabel, siendo la única manifestación volcánica con esta singularidad reportada en el Golfo de California. A partir de imágenes sísmicas se identifican estructuras y secuencias sísmoestratigráficas las cuales ayudan a incrementar el conocimiento sobre la evolución tectónica de la región, ya que éste es limitado. Los resultados obtenidos muestran secuencias sísmoestratigráficas semiparalelas, cuerpos intrusivos y ventanas hidrotermales. En toda la región de estudio están presentes sill, los cuales, al norte tienen forma de estratos delgados entre los sedimentos con continuidad horizontal y al sur presentan formas caóticas y fragmentadas. El basamento acústico en algunos sectores no se observa, en otros no es muy claro y solo está claramente presente en un par de perfiles sísmicos. Los depósitos sísmosedimentarios, los cuales provienen de la Sierra Madre Occidental, se engrosan hacia el oeste de la región, con espesores máximos de aproximadamente 2300 ms de tiempo de viaje doble.

### EG-34 CARTEL

#### ESTUDIOS DE MAGNETOMETRÍA AÉREA Y TERRESTRE PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DE BLEDOS, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Torres Gaytan David Ernesto<sup>1</sup>, Yutis Vsevolod<sup>1</sup>, López Loera Héctor<sup>1</sup>,

Torres Hernández José Ramón<sup>2</sup> y Macay Sandoval Omar de Jesús<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

david.torres@ipicyt.edu.mx

La presente investigación se realizó en la cuenca intermontana de origen vulcano-tectónico denominada, Graben de Bledos. Orientada NW-SE, limitada

al NE por la Sierra de San Miguelito, y al SW por la Sierra de Carranco. El procesamiento de la información aeromagnética en el software Oasis Montaj (Geosoft), mediante una serie de algoritmos matemáticos (filtros). Se identificaron tres dominios aeromagnéticos (DAM). El primer dominio, localizado en la porción oeste, correspondiente a rocas volcánicas, el segundo dominio, localizado en la porción central, asociado a rocas volcánico-sedimentarias y el tercer dominio ubicado en la porción este, se correlaciona a rocas de origen volcánico. En los mapas de 1aDZ y 2ndDZ mostraron lineamientos aeromagnéticos los cuales se le atribuyeron a posibles fallas geológicas. El análisis del mapa del Gradiente Horizontal con un ángulo de  $201^\circ$ , mostró mayor definición y realce de las anomalías positivas que oscilan en un rango de  $0.188 \text{ nT/m} \times 10^{-2}$  a  $0.691 \text{ nT/m} \times 10^{-2}$ , asociadas a zonas de debilidad, las cuales permitieron delimitar la estructura en estudio. Se realizaron 4 secciones geológicas con la finalidad de mostrar el comportamiento a profundidad de las diferentes unidades. Con el software GM-SYS, de Oasis Montaj (Geosoft), se hizo la modelación 2-D de la anomalía magnética la cual ayudo a la interpretación de las características geológicas del subsuelo (roca encajonante e intrusivo) y la relación con las estructuras (fallas) esta modelación se hizo a partir de los datos de magnetometría terrestre (etapa de semi-detalle). Con la información aérea se realizó un modelo tridimensional donde se muestran los conductos por donde ascendieron las rocas volcánicas las cuales fueron sepultadas con materiales geológicos más recientes, además se incluye el basamento calculado para esa área. El análisis del método geofísico aplicado demostró ser útil para lograr los objetivos propuestos. Con la investigación presentada se actualizan y amplían las interpretaciones del Graben de Bledos y se sientan las bases para futuras investigaciones.

## EG-35 CARTEL

### SISMOTECTÓNICA Y MAGNETOMETRÍA RELACIONADA CON MANIFESTACIONES GEOTÉRMICAS. ZONA PROGRESO-EL TEPHÉ-LAGUNILLA, HIDALGO, MÉXICO.

Castillo-Rodríguez Keila<sup>1</sup>, Salazar Peña Leobardo<sup>2</sup> y Yáñez García Camilo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional  
key\_0207@hotmail.com

México es un importante productor de energía geotérmica a nivel mundial, sin embargo, aún no se ha desarrollado en su totalidad este tipo de energía y por esto es importante ampliar las zonas donde se pueda aprovechar el potencial geotérmico del país. Hidalgo es uno de los estados con mayor concentración de manifestaciones termales en el país en la zona que pertenece al Eje Neovolcánico Transversal. La zona de estudio se encuentra en la región de Valle del Mezquital en la cual se presentan sismos de pequeña magnitud y estos están asociados a fallas geológicas. Además, se tienen reportadas manifestaciones geotérmicas dentro de la zona de estudio. El trabajo de investigación analiza la zona para determinar si existe un potencial geotérmico y además ser un ejemplo de los diversos estudios que se pueden realizar a través de la geofísica en el ámbito de la geotermia. Se realiza un análisis de sismos ubicados en la región, esto con la finalidad de obtener un panorama más claro de la tectónica del lugar, debido a la importancia de las fallas geológicas en los yacimientos geotérmicos. Lo anterior se complementa con medidas de magnetometría para delimitar los sistemas de fallas y fracturas de la región relacionadas con las manifestaciones geotérmicas.

## EG-36 CARTEL

### ESTUDIO GRAVIMÉTRICO PARA DETERMINACIÓN DE LOCALIZACIONES CON DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA USO POBLACIONAL, EN LA GRANJA ACUÍCOLA LA ARGENTINA, EL EJIDO LACANDÓN, PALENQUE, MÉXICO

Peto Esteban Luis Angel, González Arellano Elsy Osiris y Alejandro Rosas Karla Michelle  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
angel.peto@ujat.mx

El área de estudio está ubicada en el sureste de la República Mexicana, en el ejido Lacandón perteneciente a la porción nororiental del Edo. de Chiapas. Forma parte de las provincias fisiográficas; Planicie Costera del Golfo y Altiplano de Chiapas- Guatemala, dicha zona se ubica en la subprovincia fisiográfica de Llanuras y Pantanos Tabasqueños, el terreno es plano y presenta hondonadas en las que se acumula agua durante la temporada lluviosa, y siendo su área de recarga próxima la subprovincia próxima Sierras Bajas del Petén, y como zonas de recargas alejadas asociadas las subprovincias de Sierra Plegadas del Norte y la Sierra Lacandona, el relieve se distingue por varias serranías paralelas, constituidas principalmente por rocas calizas y areniscas. Se realizó un levantamiento eléctrico y gravimétrico en la granja acuícola "El Argentino" ubicada en la localidad de San Marcos, Palenque, Chiapas. Este estudio ha sido realizado debido a la necesidad de abastecimiento de agua con características de poca salinidad para la producción acuícola en dicha granja. El objetivo del estudio gravimétrico es obtener información acerca de la distribución de las masas subyacentes y detectar las anomalías de gravedad que nos muestren la configuración general del acuífero y así poder tomar decisiones en función de la necesidad de abastecimiento de agua para los usos productivos acuícolas. Los datos que arrojan las mediciones se procesaron para realizar las correcciones gravimétricas correspondientes, generando un modelo gravimétrico para la interpretación del comportamiento del acuífero. El modelo gravimétrico junto

con el modelo de resistividades ha servido para proponer localizaciones de pozos de agua.

## EG-37 CARTEL

### LEVANTAMIENTO MAGNÉTICO TERRESTRE Y MODELADO DEL SUBSUELO EN LA GRANJA ACUÍCOLA "EL ARGENTINO" EN PALENQUE, CHIAPAS

Suárez Ascencio Estefani, Altonar de la Cruz Luisa Fernanda y Peto Esteban Luis Angel  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
suarezestefani179@gmail.com

Este trabajo presenta un caso de aplicación del método magnetométrico en un estudio hidrogeológico en el Rancho "El Argentino" en Palenque, Chiapas. Se adquirieron perfiles magnetométricos en modalidad de gradiente dirección NE-SW, se realizaron las correcciones por variaciones temporales y se realizó un modelado inverso por Deconvolución de Euler para diferentes índices estructurales: Estos perfiles muestran una aproximación de la distribución de los contrastes laterales de magnetización de los materiales presentes y tienen una fuerte correlación con los estudios previos de esta zona.

## EG-38 CARTEL

### INTEGRACIÓN DEL MAGNETÓMETRO FLUXGATE METRONIX FGS-03E (BARTINGTON MAG-03) AL SISTEMA MAGNETO-TELÚRICO DE REGISTRO CONTINUO MTRC-I

Brassea Ochoa Jesús María, Romo Jones José Manuel,  
Sagahón Torres Ángel Oswaldo y Castillo Guerrero Cruz Enrique  
Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada, CICESE  
jbrassea@cicese.mx

Los sistemas de registro digital de señales magnetotéluricas MTRC-I, fueron diseñados y construidos en el Laboratorio de Instrumentación Geofísica del CICESE. Sus principales características son: hasta 6 canales de entrada, conversión analógica digital de 24 bits, muestreo simultáneo de 18.315 Hz por canal, sincronización del muestreo a partir de la señal de 1 PPS del GPS, almacenamiento de datos en memoria CF de 8Gb, bajo consumo de energía; Configuración, monitoreo en tiempo real de las señales y respaldo de datos mediante Laptop. Actualmente el departamento de Geofísica Aplicada del CICESE, cuenta con 20 equipos MTRC-I, de los cuales 2 registran las señales de los campos eléctricos usando dipolos y señales de los campos magnéticos usando bobinas de inducción EMI BF-4 y los restantes 18 registran solo señales de campos eléctricos. Presentamos en esta ocasión, la integración del magnetómetro fluxgate Metronix FGS-03e a los sistemas MTRC-I, que requirió la medición de la respuesta en frecuencia del magnetómetro, la construcción e integración de los acondicionadores de señales de entrada al equipo MTRC-I (filtrado Pasa-Banda con frecuencia de corte inferior de 0.014 Hz y frecuencia de corte superior de 0.745 Hz), la realización de sondeos magnetotéluricos con este equipo y con el equipo Metronix ADU-07e en un mismo sitio, el procesamiento de los datos registrados con ambos equipos para la determinación de las resistividades aparentes para verificar la consistencia de resultados.

## EG-39 CARTEL

### ESTRUCTURA CORTICAL DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA DEDUCIDA A PARTIR DE SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS Y DATOS POTENCIALES

Fragoso Irineo Anaid, Arzate Flores Jorge Arturo, Iriondo Alexander y Molina Garza Roberto  
Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla  
afragoso@geociencias.unam.mx

Se presenta un perfil magnetotélurico (MT) realizado en la región fronteriza del Alto Golfo de California, entre las inmediaciones de San Felipe (Baja California, México) y Yuma (Arizona, Estados Unidos), con el objetivo de visualizar la respuesta electromagnética de la corteza en una de las áreas de ruptura continental fuertemente transcurrente mejor estudiadas y emblemáticas del mundo. El transecto alcanza una longitud total de 177 km, repartidos en 19 estaciones, registrando en promedio 19 horas con dos equipos Phoenix modelo MTUA-2000 durante aproximadamente dos semanas. Debido a los cambios laterales en la conductividad eléctrica a lo largo del perfil, la profundidad de investigación estimada (skin depth) varía desde aproximadamente 30 a 200 km, siendo significativamente menor en los sondeos ubicados en el sector central (6, 7, 8 y 9), en donde alcanzan valores mínimos de penetración (~15 km), debido a la alta conductividad superficial en esa área. Para el modelado bidimensional, el tensor de impedancia  $Z(\#)$  de cada sondeo fue girado a la dirección del sistema de fallas (N45W) que prevalece a lo largo del perfil. El corrimiento estático fue corregido por zonas, de acuerdo a los cambios litológicos cartografiados a lo largo de los 177 km que cubre el perfil. Se realizaron pruebas para validar la resolución del modelo final variando los parámetros de inversión, particularmente  $\#$  que regula la rugosidad-suavizamiento de los modelos durante el proceso de inversión. Los resultados obtenidos muestran dos claros dominios de conductividad: hacia el SW se observa una corteza muy conductiva ( $< 5 \text{ ohm-m}$ ) superficialmente ( $< 5 \text{ km}$ ), con rasgos que sugieren

estructuras basculadas hacia el poniente que se extienden a profundidades de la corteza inferior. Hacia el NE se muestra una corteza resistiva ( $> 5,000$  ohm-m), aparentemente segmentada, hasta profundidades de  $\sim 50$  km y en contacto con un manto superior relativamente más conductivo. La Falla Rosarito corresponde a la expresión superficial de un contacto litológico regional que separa estos dos tipos de terrenos con propiedades eléctricas contrastantes. La Falla Indiviso, otra de las fallas activas en la región, marca en cambio un límite entre terrenos conductivos, lo mismo que la Falla Desierto. Estos límites corticales se reflejan también en los perfiles gravimétrico (GRACE) de anomalía de Bouguer y magnético (EMAG2) reducido al polo, los cuales registran gradientes máximos en el entorno de estas fallas en particular de las aproximadamente diez fallas mayores cartografiadas. Estos resultados permiten asociar al dominio conductivo del perfil la porción de la corteza afectada por el tectonismo activo del rifting del Golfo de California y permite explicar la presencia de conductores basculados, mientras que la corteza resistiva del dominio NE se especula corresponde al de un basamento cristalino probablemente del Precámbrico.

#### EG-40 CARTEL

### ANÁLISIS DEL EFECTO DE SITIO A TRAVÉS DE LA TÉCNICA REMI PARA EL MUNICIPIO DE CUNDUACÁN, TABASCO

González Jiménez Leonardo Daniel, Gómez Arredondo Carmen Maricela y De la Cruz Silva Ana Laura  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
leodj97@gmail.com

Tabasco se encuentra clasificado como una zona de peligro sísmico medio-bajo, debido a su poca actividad sísmica, la cual significa que no se tienen registros de sismos de gran magnitud; sin embargo, sismos que ocurren en regiones tectónicamente activas cercanas a la localidad pueden causar daños significativos. Esto se demostró después del sismo del 07 de septiembre del 2017 por los efectos presenciados en superficie; donde el tipo de fisiografía del estado influye a que el riesgo sísmico no sea tan bajo como parece. Lo que lleva a buscar estudios que ayuden a entender el comportamiento del subsuelo. El efecto de sitio se define como las alteraciones que sufren las ondas sísmicas debido al cambio en la geología local, entre más blando sea el tipo de suelo que exista bajo una zona ó región, mayor será la amplificación de las ondas sísmicas. Para conocer el efecto de sitio en el municipio de Cunduacán, perteneciente al estado de Tabasco se implementó la técnica REMI (Refracción de Microtremores) en la zona; tomando 6 puntos distribuidos en la cabecera municipal con el objetivo de medir las ondas superficiales utilizando el ruido ambiental para generar perfiles detallados de velocidad de la onda de corte vertical (Vs) donde se obtuvo velocidades dentro de un rango de 100 a 300 m/s en profundidades que van de los 20 a 50 metros. Con los resultados obtenidos se pudo generar un mapa preliminar de la distribución de velocidades de la zona, con el cual se puede conocer el efecto de sitio para el municipio de Cunduacán, de igual forma para el resto del estado tomando en cuenta que el tipo de suelos dentro del estado es en un 80% el mismo.

#### EG-41 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LA FORMA DE LA CALDERA DE ACOCULCO MEDIANTE GRAVIMETRÍA Y MAGNETOMETRÍA

Pantoja Matamoros Luz del Carmen, Pérez Flores Marco Antonio y Carrillo López Jonathan  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
lpantoja@cicese.edu.mx

El sistema geotérmico de Acoculco está ubicado en la zona centro oriental del país, entre los estados de Puebla e Hidalgo, en lo que se conoce como el Cinturón Volcánico Transmexicano. Ha sido explorado desde los años ochenta por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y, en principio, llamó la atención debido a las múltiples manifestaciones hidrotermales presentes en la zona. Las primeras investigaciones sugieren la presencia de una fuente magmática activa. La geología indica la presencia de una caldera volcánica con actividad en diferentes periodos. Se han realizado diversos estudios, entre ellos se encuentran: geofísicos (gravimétrico, magnético, corriente directa y magnetotélurico), geoquímicos y térmicos. En particular, se cuenta con datos gravimétricos proporcionados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y magnéticos adquiridos por el Servicio Geológico Mexicano (SGM). Ambos grupos de datos se procesaron e interpretaron de manera cualitativa con el fin de resaltar rasgos geológicos y estructurales que permitan determinar la forma de la caldera de Acoculco.

#### EG-42 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS TURBIDÍTICOS EN UN ÁREA EN EL CINTURÓN PLEGADO PERDIDO EN AGUA PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO NORTE

Hernandez Garcia Jesus David, Osorio Alcudia Ligni Anahi, Bolaina Vazconcelos Jonathan y Álvarez San Román Fernando  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
152a19005@alumno.ujat.mx

El cinturón plegado se encuentra en tirantes de agua de entre los 2300 a los 3000 metros. Estructuralmente se trata de una serie de pliegues de compresión, concéntricos y paralelos, con una alineación noreste-suroeste, los pliegues están limitados por fallas inversas de alto ángulo en uno o en ocasiones en ambos flancos. La sección sedimentaria del Cinturón Plegado Perdido (CPP) se extiende desde el Jurásico Medio hasta el Holoceno. El CPP se encuentra en el Golfo de México Profundo y contiene alguna de las más grandes áreas con cierre estructural conocidas en las aguas del Golfo de México. El área de estudio se encuentra en el Golfo de México Profundo en el CPP, después del área geológica denominada Minicuecas y del área Cinturón subsalino. El análisis de este trabajo se realizó con la versión sísmica Poststack del levantamiento tridimensional INTAM que cubre desde la parte de Estados Unidos donde se encuentran los pozos Trident-1 ,2 y 3, y se continua hacia suroeste aproximadamente unos 100 km incluyendo varias localizaciones exploratorias. La interpretación geológica del área se realizó sobre el eoceno inferior Wilcox, el cual corresponde a una secuencia intercalada de arenas y arcilla de facies de canales y desbordes. Los cuales en este trabajo son representados por modelos de los atributos sísmicos como amplitud y descomposición espectral.

#### EG-43 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL VOLCÁN CEBORUCO MEDIANTE PROSPECCIÓN MAGNETOTELÚRICA

Fuentes Arreazola Mario Alberto<sup>1</sup>, Núñez Escribano Diana<sup>1</sup>, Núñez Cornú Francisco Javier<sup>1</sup>, Suárez Plascencia Carlos<sup>1</sup> y Calderón Moctezuma Armando<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SisVOC  
<sup>2</sup>División de Geociencias Aplicadas, IPICYT  
marioafar@gmail.com

El Volcán Ceboruco es un estrato volcán del Cuaternario de tamaño moderado localizado en el estado de Nayarit; cerca del límite Oeste del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. Es uno de los más activos de la región y el único volcán en Nayarit con erupciones documentadas históricamente, la última entre 1870-1875. Actualmente, se encuentra en un estado de actividad fumarólica, sugiriendo actividad hidrotermal. Con el objetivo de estudiar la configuración geoelectrica del Volcán Ceboruco y el posible sistema hidrotermal asociado, se realizó una campaña de exploración magnetotélurica en noviembre de 2016, estableciendo 24 estaciones de medición en el cráter, laderas y base del edificio volcánico. Se utilizaron tres instrumentos de banda ancha, modelo ADU-07 del fabricante Metronix, operados en el rango de frecuencias de 32kHz a 128Hz. La disponibilidad de equipos permitió el registro simultáneo en por lo menos dos instrumentos instalados en sitios distintos. Las series de tiempo registradas fueron procesadas usando el software Mapros de Metronix para determinar el tensor de impedancia considerando la técnica de estación remota. A partir del tensor de impedancia se determinaron las curvas de resistividad aparente y ángulo de fase. En general, las curvas de resistividad aparente observadas en estaciones localizadas en la caldera del volcán fueron tipo-Q; mientras que las curvas correspondientes a estaciones en la base del volcán fueron tipo-H. El rumbo geoelectrico y análisis dimensional determinados con la descomposición del tensor de impedancia sugieren un medio bidimensional. Se obtuvo un modelo de resistividad eléctrica en 2-D invirtiendo los datos medidos en un esquema que considera gradientes conjugados no-lineales. En este trabajo, se presentan algunos de los resultados más relevantes que aportan información que ayuda a reducir la incertidumbre de los modelos conceptuales geológico, geofísico y geohidrológico del Volcán Ceboruco.

#### EG-44 CARTEL

### DEEP STRUCTURAL MODEL OF LOS HUMEROS AND RESURGENT LOS POTREROS CALDERAS FROM MAGNETOTELLURIC SOUNDINGS

Arzate Flores Jorge Arturo<sup>1</sup>, Corbo-Camargo Fernando<sup>2</sup> y Yutsis Vsevolod<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM  
<sup>2</sup>National University of Mexico  
<sup>3</sup>IPICYT  
arzatej@geociencias.unam.mx

Calderas produce voluminous and catastrophic eruptions, and they represent significant geothermal resources; however, their internal structure is little known below a few kilometers. Geophysical methods are effective tools for resolving lithological and structural geometries with contrasting physical properties. We used the magnetotelluric method to study Los Humeros caldera, a Pleistocene structure with Eocene resurgence, located in eastern Mexico. We acquired 78 broadband

magnetotelluric (MT) soundings, which were projected onto three east-west and three north-south profiles within the caldera rim. We inverted the rotationally invariant, determinant of the impedance, in the frequency range 103 – 10<sup>-3</sup> Hz using a non-linear conjugate-gradients algorithm, and tested regularization parameters and deviation RMS errors for each profile. The resistivity models were interpolated to obtain a 3D view of the caldera complex from the six collated 2D inverted models down to ~25 km depth from surface. The overall model resembles a multi-funneling type of caldera structure with no geophysical evidence of a shallow magmatic chamber. Conductivity configurations are more consistent with vertical stock-like conductors (< 200 ohm-m) directly associated with surface fault structures and rooted at depths of about 20 km. The vertical conductive stocks can be interpreted as the source of geothermal fluids and trace paths through which the original and reactivated calderas were fed out of melt that reached the surface in the past. Close to the surface the upwards pointing stocks are responsible for inclined principal stress trajectories required to generate ring-faults and collapse. The geometry and conductivity configuration below the caldera obtained from the magnetotelluric data is consistent with the mush reservoir model rather than to the isolated magma chamber model. The Los Humeros magma reservoir lies at mid-crustal depths in mush sub-solidus temperature reservoirs, which connected to the surface through deep rooted faults induced by the released of regional tectonic stress. The conductive stocks mark zones of crustal weakness embraced by deep fault interfaces are cool remnants of previously reactivated melt flows that produced the Los Humeros and later the nested Los Potreros calderas.

#### EG-45 CARTEL

### MODELO PRELIMINAR DEL CRÁTER DE IMPACTO DE CHICXULUB CON DATOS AEROMAGNÉTICOS

Mendoza Cervantes Keren  
Instituto de Geofísica, IG  
keren.mendoza@gmail.com

El estudio del cráter de Chicxulub cobró importancia en 1980 cuando Álvarez et al.1 propusieron que la extinción masiva del límite K-Pg era resultado del impacto de un cuerpo extraterrestre. La campaña de exploración petrolera con métodos potenciales a cargo de Penfield y Camargo de 1981, otorgó a la comunidad científica las primeras imágenes de anomalías concéntricas, pero no fue sino hasta 1991 que Hildebrand et al.3 las atribuyeron al cráter de impacto de Chicxulub. Los primeros modelos del cráter complejo del Chicxulub [Brittan et al. 2, 1999; Sharpton et al.7, 1996; Hildebrand et al.4,1998; Morgan et al. 5, 1997; Snyder y Hobbs9, 1999] se realizaron con datos geofísicos limitados en su naturaleza de adquisición, y en la cobertura de las campañas de exploración. La carencia de información litológica de ciertas estructuras del cráter representaba per se una limitante para la construcción de dichos modelos. En este trabajo, se propone un modelo preliminar del cráter de impacto de Chicxulub a partir de datos recientes de prospección aerogravimétrica. La característica firma magnética y concéntrica del cráter resalta respecto al entorno de la magnetometría regional en la zona [Rebolledo-Vieyra et al.8, 2000]. Por esta razón el modelado de anomalías magnéticas puede contribuir en forma significativa a la correlación de datos con el emplazamiento de depósitos de roca fundida durante el impacto; la distribución y concentración de brecha de impacto conocida como la suevita, enfatizar la presencia de los límites estructurales del evento de impacto por las diferencias de susceptibilidad entre el relleno sedimentario y las rocas preexistentes; revelar el origen del levantamiento central asociado con un inusual levantamiento del manto causado por el debilitamiento de la corteza producto de la alta energía del impacto; entre otros resultados.

#### EG-46 CARTEL

### SUPRESIÓN DE EFECTOS FANTASMA Y BURBUJA PARA UNA TRAZA SÍSMICA MARINA

Molina Garcia Cristian Enrique y Romero de la Cruz Oscar Mario  
Universidad Autónoma de Nuevo Leon, FCT  
cristian.molinagr@uanl.edu.mx

En la adquisición de datos en exploración sísmica marina se presenta, factores que intervienen en la calidad de una sección sísmica, los cuales se conoce como ruidos coherentes. El efecto fantasma es producido por un retardo del impulso emitido por fuente sísmica (pistola de aire) y que viaja hacia la superficie libre y es reflejada para luego llegar a los receptores tales como los hidrófonos. Este retardo hace que en lo sucesivo a una reflexión primaria se presente una reflexión secundaria a manera de señal repetida e invertida conocida como efecto fantasma. Otro ruido coherente es conocido como el efecto burbuja, que se produce por la activación de fuentes tales como las pistolas de aire que en su explosión provoca dilataciones y compresiones de considerable amplitud y muy baja frecuencia que son registradas por los receptores. Estos dos tipos de ruidos coherentes son dos de los principales objetivos para suprimir en las primeras etapas de procesamiento de datos sísmicos. En este trabajo se tiene como objetivo suprimir estos efectos mediante el método de deconvolución predictiva y obtener la longitud óptima del operador mediante la aplicación de métodos clásicos de la literatura. Se cuenta con un modelado previo de la señal con una ondícula de fase mínima que incluye ambos efectos coherentes y a partir de la cual se pretende eliminar los efectos para una traza real obtenida de una base de datos de libre acceso.

#### EG-47 CARTEL

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE UN PERFIL MAGNETOTELÚRICO EN EL GRABEN DE SANTIAGO PAPANQUIARO, DURANGO

Pulgarín Jr Alvaro<sup>1</sup>, Torres José de Jesús<sup>2</sup>, Ávila Oscar<sup>3</sup> y Corbo Fernando<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza  
<sup>3</sup>Posgrado, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>4</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
apulgarin96@ciencias.unam.mx

El área de estudio, donde se realizaron las mediciones geofísicas en este trabajo de investigación, se ubica en los límites de la Sierra Madre Occidental y la Mesa Central Mexicana, donde convergen el graben de Santiago Papanquiario con el sistema de fallas San Luis Potosí-Tepehuanes de rumbo NW-SE, el primero con una orientación NNW-SSE y el segundo NW-SE. Este trabajo forma parte de un trabajo interdisciplinario asociado a la hipótesis de la existencia de un potencial geotérmico en dicha zona. A través de nuestra investigación fue posible generar un modelo de resistividades eléctricas, donde en este trabajo se presenta la interpretación de una sección perpendicular al graben empleando conjuntamente datos magnetotelúricos (MT) y datos eléctricos a partir de sondeos eléctrico-verticales (SEV). El perfil geofísico analizado posee 38 km de longitud, consta de 8 sondeos (SEV+MT), a los cuales se les hizo su corrección estática empleando el análisis de Meju, A.M. (2005) que correlaciona los datos eléctricos y magnetotelúricos. Para la inversión bidimensional se utilizó el algoritmo de gradientes conjugados no lineales (Rodi y Mackie, 2001). Previamente, se calculó el strike geoelectrónico a partir de la aproximación de Caldwell, et. al. (2004), dando un strike de aproximadamente N10E. Nuestra interpretación se relaciona de buena manera según las fallas y las estructuras geológicas cartografiadas por parte del grupo de geología del proyecto. En el mismo se identifican los bordes del graben cerca de los sondeos No. 22 y No. 27 al E y W respectivamente, con valores de resistividad superiores a 200 Ohm-m. En el centro del perfil se distingue una zona heterogénea de resistividades (5 a 100 Ohm-m) con un espesor promedio aproximado de 1800 metros, asociado a distintos grados de consolidación de depósitos sedimentarios. Asimismo, en su parte oriental, se observa la presencia de una anomalía resistiva que se profundiza hasta aproximadamente 4000 m la cual al momento no se tiene identificado si se asocia con alguna estructura en particular. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT proyecto IV100117.

#### EG-48 CARTEL

### GAMMA ESPECTROMETRÍA Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA IN SITU DEL CAMPO VOLCÁNICO LAS COLORADAS, NORESTE DE MÉXICO

Nerio Rocha Jesus, Hernández Valdez Moises Aaron, Batista Rodríguez José Alberto, Blanco Moreno Jesús, López Saucedo Felipe de Jesus y Limón Gámez Juan Antonio  
Universidad Autónoma de Coahuila, UAdC  
jesusnerio@hotmail.com

El campo volcánico Las Coloradas, se ubica en el noreste de México, dentro del estado de Coahuila, en el cual se localizan principalmente, bloques de basaltos con diferentes características. En tres afloramientos de basaltos de este campo, se realizaron cien mediciones gamma espectrométricas utilizando un espectrómetro portátil Super Spec RS-125, situándolo directamente sobre las superficies de las rocas. De igual manera, se tomaron 495 mediciones de susceptibilidad magnética in situ con un susceptibilímetro KT-10 Plus. Este se ubicó sobre superficies relativamente planas de los basaltos. Ambas mediciones geofísicas muestran variaciones a lo largo de los perfiles, indicando cambios en la composición mineralógica y textura de los cuerpos de basaltos. Dichos cambios pueden estar relacionados con las condiciones de origen y las alteraciones que han experimentado estas rocas. Las radiaciones gamma natural dependen principalmente de los contenidos de potasio y torio, y este último radioelemento parece estar relacionado de forma negativa con los contenidos de uranio. Algunas de las zonas de los valores más altos de las mediciones gamma espectrométricas y de susceptibilidad magnética, se ubican en las partes topográficamente más elevadas de los afloramientos, lo cual pudieran estar relacionados con los cuerpos de basaltos ubicados próximos a la salida del material a la superficie.

#### EG-49 CARTEL

### ESTUDIO GEOFÍSICO DEL SISTEMA DE FALLAS TAXCO-SAN MIGUEL DE ALLENDE EN SU PORCIÓN NORTE, MEDIANTE PERFILES GRAVIMÉTRICOS

Cid Villegas Gonzalo<sup>1</sup>, Campos Enríquez José Oscar<sup>2</sup> y Alaniz Álvarez Susana A.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cgeo UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
gcvillegas@geociencias.unam.mx

En este trabajo se presentan los avances en estudio gravimétrico realizado en la porción norte del Sistema de Fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA). Este sistema de fallas corresponde al límite tectónico entre las provincias Sierra Madre

Oriental y la Mesa Central. El SFTSMA tiene un rumbo NNW-SSE, con una longitud de más de 500 km y hasta 35 km de ancho. Alaniz et al., en el 2002 concluyen que el SFTSMA corresponde a una zona de debilidad cortical que ha influido en la deformación del Cenoico. Este sistema de fallas se encuentra muy bien estudiado en superficie, sin embargo, se desconoce cómo se comporta a profundidad, y como es su geometría en el basamento. Se optó por estudiar el basamento del SFTSMA con métodos gravimétricos debido a que la litología de la Mesa Central a profundidad consta principalmente de rocas de cuenca oceánica, mientras para la Sierra Madre Oriental la litología va de una plataforma somera a depósitos continentales, por ello se espera que la respuesta gravimétrica observada debe diferir entre ambas provincias. Para auxiliar en la elaboración de estos perfiles se realizaron perfiles magnéticos. Se realizaron 6 perfiles perpendiculares al SFTSMA, con longitudes que van de 150 a 250 km. El SFTSMA cruza cada uno de estos perfiles por su parte central, esto con el objetivo de contar con una cantidad de información igual de ambas provincias en los perfiles. Los datos gravimétricos corresponden a datos satelitales obtenidos del Instituto de Geofísica y Física planetaria de la Universidad de San Diego, mientras que los datos magnéticos provienen de vuelos aeromagnéticos realizados por el Servicio Geológico Mexicano. El procesamiento de los datos se realizó a través del programa Oasis Montaj. De los datos procesados se obtiene un mapa de Anomalía de Bouguer completa y un mapa magnético reducido al polo. Los perfiles se realizan con el residual de la anomalía de Bouguer completa. En los perfiles se puede notar la diferencia en las señales entre una provincia y otra, en la provincia Mesa Central la señal es más estable, con pocas anomalías, mientras que la señales para la Sierra Madre Oriental, tiene una gran cantidad de anomalías de longitud de onda baja. Los perfiles muestran los primeros modelos gravimétricos obtenidos, sin embargo, hace falta obtener mayor cantidad de información geológica y geofísica que nos permitan constreñir mejor el modelo.

#### EG-50 CARTEL

### AEROMAGNETOMETRÍA CON DRONES: LA FORMA RÁPIDA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Arzate-Monterrubio Andres<sup>1,2</sup>, Arzate Jorge<sup>3</sup>, Corbo-Camargo Fernando<sup>3</sup>, Tovar Erick<sup>2</sup>, Olivares Pedro<sup>2</sup> y Villamichel José Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, CGEO-UNAM

<sup>2</sup>AV3 Aerovisual

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM  
arzatem@gmail.com

El reciente desarrollo en la tecnología de drones y la instrumentación electromagnética y óptica, han permitido la apertura de un amplio espectro de posibilidades en el desarrollo de nuevas y variadas metodologías de prospección geofísica remota cercanas de la superficie terrestre (< 100 m). En particular, los sensores magnéticos tipo fluxgate, son ideales para ser transportados en vuelo con drones pues tienen la ventaja adicional además de su peso, de que es posible registrar continuamente las tres componentes del campo magnético. Esto es útil porque permite no solo interpretar el campo total sino cualquiera de sus componentes al mismo tiempo que de esta forma registrado, es posible corregir durante el vuelo por balanceos indeseados por viento u otras causas. En este trabajo mostramos ejemplos de los resultados que se obtienen con el sistema aeromagnético desarrollado en el CGEO-UNAM utilizando dos magnetómetros fluxgate LEMI-026 en modo de adquisición a una frecuencia de 250 muestras/segundo; uno como base y el otro transportado por un dron multi-rotor de 6 hélices (DJI Matrice 600) al cual se fija utilizando un gimbal diseñado para reducir al máximo el balanceo del sensor y con ello el error en los datos. El sistema aero-magnético permite levantamientos que cubren amplias superficies de terreno en tiempos muy reducidos comparados con levantamientos terrestres, y con una alta densidad de datos adquiridos. El sistema de adquisición es ideal para la prospección en zonas mineras de difícil acceso, pero es igualmente útil para el mapeo geológico en cuencas sedimentarias para prospección de agua subterránea. Su versatilidad permite además su utilización en una gran variedad de problemas de ingeniería civil y ambiental. En este trabajo se presentan ejemplos de adquisición, así como del esquema de procesamiento desarrollado como parte de este proyecto.

#### EG-51 CARTEL

### ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE MATERIALES PÉTREOS ASOCIADOS CON ZONAS POTENCIALES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE MEDIA Y BAJA ENTALPIA, EN LA REGIÓN DE HUEHUETLÁN EL GRANDE, ESTADO DE PUEBLA

Saldaña Arenas Juan José, Muñoz Máximo Ignacio y Rubio Rosas Efraín  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCO-BUAP  
juan.saldana@alumno.buap.mx

La fase exploratoria de un campo geotérmico, tiene como criterios de evaluación la presencia de manifestaciones superficiales de calor (manantiales termales, fumarolas, geiseres, etcétera) estructuras geológicas de carácter mayor (fallas, fracturas y plegamientos). En la región de Huehuetlán el Grande, estado de Puebla; existen manifestaciones superficiales de manantiales y ríos termales, así como la presencia amplias cantidades de sulfato de calcio cristalizadas en distintas variedades minerales superficialmente. Con el propósito de caracterizar las

zonas de alteración superficiales, asociadas a estas manifestaciones termales de agua, se han colectado aproximadamente 100 especímenes, los cuales han sido caracterizados por las técnicas de EDS y polvos de Difracción de Rayos X (DRX), para conocer su composición química, fase cristalina y disposición espacial asociada con las fuentes de agua termal, con el propósito de evaluar el potencial geotérmico de la región, que actualmente se considera una de las regiones marginadas del estado de Puebla.

#### EG-52 CARTEL

### INTERPRETACIÓN DE UN PERFIL MAGNETOTELÚRICO PERPENDICULAR AL EJE DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC EN SU PARTE SUR

Vargas Rafael<sup>1</sup>, Ávila Oscar<sup>2</sup> y Corbo Fernando<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

<sup>2</sup>Posgrado Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM  
rafa.varsan@gmail.com

En esta investigación se utilizó el método magnetotelúrico (MT), el cual es un método geofísico que brindan muy buenos resultados en la modelación de cuencas profundas. En particular, a partir de este método, se obtuvo información de interés sobre la estructura y las propiedades de los depósitos sedimentarios de la cuenca, donde a partir de la distribución de anomalías de resistividad eléctrica se distinguen sus zonas permeables y saturadas de fluidos. El área de estudio abarca la zona Sur del Paleocanal de Chicontepec perteneciente a la provincia de Tampico-Misantla ubicada en el margen centro-oriental de México, dicho yacimiento se clasifica como no convencional, conteniendo importantes reservas de los recursos petroleros en el país. Así mismo, los resultados de las técnicas geofísicas electromagnéticas pueden combinarse de manera más eficiente con los levantamientos sísmicos y gravimétricos que se han realizado por parte de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), los cuales han tenido un grado de incertidumbre debido a la presencia de intrusiones que limitan su resolución. Este trabajo se enfoca en exponer los procedimientos e interpretación de resultados geofísicos preliminares generados a partir de la adquisición de datos magnetotelúricos de amplio espectro (BMT) en un perfil ortogonal al eje del Paleocanal de Chicontepec, dicho perfil cuenta con 16 estaciones en una longitud aproximada de 100 km. La corrección estática de los sondeos BMT se calculó midiendo en cada sitio con un equipo Transitorio electromagnético (TEM). Para realizar la inversión 2D, se analizó la dimensionalidad y direccionalidad de los sondeos BMT con los criterios de Caldwell et al. (2004) utilizando las fases y de Bahr (1988, 1990) que emplea las impedancias. El algoritmo utilizado en la inversión fue el de Rodi y Mackie (2001), a partir del cual se obtuvo la disposición de los contrastes de resistividad que permitieron identificar estructuras geológicas principales, algunos contactos entre las secuencias estratigráficas, los límites de la cuenca, su basamento y anomalías con características de resistividad contrastantes en el estrato sedimentario indicativo de la presencia de fluidos salinos, arcillas muy conductivas, presencia de aceites y/o arenas saturadas en hidrocarburos, etc. Investigación realizada gracias al proyecto CONACYT FC, N° 1787.

#### EG-53 CARTEL

### BATIMETRÍA DE DOS SECTORES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE YUCATÁN, AL NOROESTE DE PROGRESO, EN LA REGIÓN MARINA DEL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB

Martínez Chavarría Fátima<sup>1</sup>, Pérez-Cruz Ligia<sup>2</sup>, Pérez Calderón Daniel Armando<sup>2</sup>, Díaz Flores Miguel Ángel<sup>1</sup>, Canales García Iza<sup>1</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

fatima.mtz.ch@gmail.com

La batimetría multihaz de alta resolución proporciona información más precisa de la morfología y profundidades del fondo marino, contribuyendo a la actualización de cartas náuticas existentes y generando mayor información para la navegación marítima. Además, proporcionan información para la investigación de los procesos geológicos y físicos que modelan el lecho marino. Sin embargo, en la plataforma de Yucatán los estudios de batimetría multihaz de alta resolución son muy escasos por lo que hay muy poca información sobre los procesos que alteran la morfología del lecho marino de la plataforma. Es por ello que en el 2013 y 2015 se realizaron campañas de geofísica marina, Chicxulub I y Chicxulub IV, a bordo del B/O "Justo Sierra" de la UNAM, en donde se adquirieron datos batimétricos multihaz de alta resolución en dos sectores de la plataforma continental de Yucatán, al noroeste de Puerto Progreso, dentro de la región marina que comprende al cráter de impacto Chicxulub. Se presenta los métodos de procesamiento y calibración de los datos, teniendo como resultado mapas de batimetría que muestran diversas estructuras geológicas como: disoluciones relacionadas a la erosión kárstica por la exposición del lecho marino debido a los cambios del nivel del mar; canales y rastros que indican el transporte de sedimentos con dirección NE-SW asociados a la circulación de corrientes marinas.

## EG-54 CARTEL

### PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA IDENTIFICAR POSIBLES VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS EN EL MPIO. DE PAPANTLA, VERACRUZ

Guzmán Rosalinda, Herrera Juárez Viridiana y Porras Alba Ana Ruth  
 Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC  
 igf.rosy@gmail.com

En la comunidad durante varios años, ha gestionado el emplazamiento de un cementerio comunitario para el beneficio de la población. Conquistaron el terreno ubicado en la Parcela 125 localizado al suroeste de la colonia, aproximadamente 350m al sur del polígono de protección. La topografía del terreno lo conforma un sistema de lomeríos, delimitado por áreas bajas inundables, localizándose el terreno sobre una de las elevaciones. Durante el recorrido realizado se encontró poco material al sur del sitio, posiblemente material de arrastre. A pesar de no contar con evidencia constructiva, no se descarta la posibilidad de que dicha área haya sido empleada como área de casa-habitación. Sin embargo, en el camino de acceso sí se encontró mayor cantidad de cerámica y lítica, lo que refuerza la posibilidad de que hubiese presencia de ocupación. Con este proyecto se tratará de integrar dos métodos geofísicos en la zona de exploración, para comprobar si existen restos constructivos o secuencias estratigráficas de subsuelo con valor patrimonial y arqueológico. También en el procesamiento de todos los datos obtenidos, y a su documentación gráfica, con el fin de apoyar y reforzar los trabajos de investigación venideros que se realicen en esa zona.

## EG-55 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS PROPIEDADES GEOELÉCTRICAS DEL SUBSUELO EN LAS CERCANÍAS DE UNA ESTRUCTURA ARQUEOLÓGICA

Velasco Casarez Leonardo, González Juárez Diego Armando,  
 De León España Jose y García Tolentino Julian de Jesús  
 Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC  
 leonardo.velasco@vcarranza.tecnm.mx

La geofísica es una disciplina aplicada que usa los principios de la física para estudiar la configuración y propiedades de los materiales del subsuelo a partir de medidas de algunas magnitudes físicas, como la resistividad eléctrica, la susceptibilidad magnética, etc. Estas mediciones se realizan generalmente en la superficie de la zona de investigación. La Zona de estudio, consiste en una ciudad prehispánica que consta de grandes espacios abiertos delimitados por templos y desniveles. Una de las construcciones más interesantes de esta área ha manifestado fracturamientos en la esquina noroeste, los cuales suben desde el desplante hasta el 4to cuerpo de la cornisa. Las paredes también se han visto afectadas. Según testimonios, sobre la esquina suroeste, existía una abertura de la cual se podía extraer agua. Esta fue clausurada. No se descarta que se encuentre un cuerpo de agua. Con este proyecto se tratará de delimitar el posible cuerpo de agua, así como analizar el comportamiento de la estructura debido a la presencia de fracturas como consecuencia de la actividad de la falla, utilizando los métodos geofísicos como una técnica no invasiva. Así se podrá apoyar al proyecto de Conservación de la zona.

## EG-56 CARTEL

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

Díaz Flores Miguel Angel<sup>1</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>1</sup>, Rico Flores Viridiana<sup>2</sup>,  
 Durán Oliva Ana Laura<sup>2</sup>, Hernández Ventura Oscar<sup>2</sup>, Ríos Reyes Jesús  
 Eduardo<sup>2</sup>, Bustamante Ponce de León Diego<sup>2</sup> y Iglesias Serrano Edwin Jair<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM  
 diazmig@geofisica.unam.mx

Con la finalidad de estudiar algunos de los efectos que resultaron del impacto del asteroide Chicxulub que ocurrió aproximadamente hace 66 millones de años en la plataforma carbonatada de Yucatán, se realizó la integración y análisis de datos obtenidos con percepción remota de altura STRM y de imágenes satelitales. Para lo cual se realizó la digitalización de la posición geográfica y de los cenotes, así como de las fracturas que se encuentran en la periferia del cráter de impacto en la zona continental emergida de la península. Los análisis permiten observar si existe correlación en la presencia de fracturas con los cenotes, por lo que se analizó la densidad en su distribución y se obtuvo información de sus características básicas.

## EG-57 CARTEL

### APLICACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN PARA ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS: MAAR HOYA BLANCA, VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO

Fuentes Rubio Natalia Denise<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup> y Sánchez Duque Alexander<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM, IGEF-UNAM  
<sup>3</sup>Instituto Tecnológico del Valle de Morelia  
 nataliad.frb@gmail.com

El Campo Volcánico de Valle de Santiago (CVVS) forma parte del Campo Volcánico Michoacán – Guanajuato, el cual se ubica en la zona central de la Faja Volcánica Transmexicana. Comprende alrededor de 13 maares y numerosos conos cineríticos y conos de lava, en este caso se exploró el maar Hoya Blanca, ubicado al suroeste de la ciudad de Valle de Santiago. Se aplicaron tres métodos geofísicos de exploración; tomografía de resistividad eléctrica (TRE), la cual brinda una buena resolución tanto espacial como en profundidad. Y los métodos potenciales de magnetometría y gravimetría, que al usarse en conjunto permiten detectar e identificar estructuras enterradas. Los tres métodos se distribuyeron en todo el maar, tanto interna como externamente, con el fin de cubrir la mayor parte de él. Para tomografía de resistividad eléctrica se realizó un perfil que cruzó la estructura desde el centro hacia uno de sus flancos. Gravimetría se concentró al centro del cuerpo realizando dos líneas que lo intersecaron de manera perpendicular. Mientras que para magnetometría se realizaron líneas a lo largo de las pendientes de la estructura, así como al centro. Con este estudio se pretende generar el modelo geológico conceptual de un segmento del maar con el fin de modelar la estructura interna, así como caracterizar su anomalía gravimétrica y magnetométrica.

## EG-58 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN DE IGNIMBRITAS POR EDS Y FT-IR DE MATERIALES PÉTREOS DE LA REGIÓN LOS HUMEROS, ESTADO DE PUEBLA

López Paz Diego, Lara Guzmán Uriel y Muñoz Máximo Ignacio  
 Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento DITCO-BUAP  
 dlopezap21@gmail.com

Entre el municipio de Teziutlán, Perote y los Humeros, existe una gran variedad de rocas asociadas a este gran campo geotérmico. En esta investigación, se han caracterizado 30 especímenes con las técnicas de SEM-EDS e FT-IR con el propósito de identificar zonas que puedan lixiviar de forma natural minerales que pueden afectar la calidad del agua en la región. Por lo tanto, al comparar los espectros típicos de estas muestras, es posible identificar con el uso de imágenes Satelitales aplicando técnicas de Percepción Remota, otros puntos de características similares. Esta información es valiosa no solo desde el punto de vista de la investigación geotérmica, sino también desde el punto de vista hidrológico, hidrogeológico, ambiental y de ordenamiento territorial.

## EG-59 CARTEL

### APLICACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA EVALUAR LA FACTIBILIDAD GEOLÓGICA Y LA INTERACCIÓN MACIZO ROCOSO-ESTRUCTURA EN EL DISEÑO DE UNA PRESA DE REGULACIÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, EN CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA

García Dena Miriam Paulina, Aguero Juárez Karen Michelle, Ochoa Elias  
 Jacqueline, Álvarez Ramírez Hilda Patricia y Dena Ornelas Oscar Sotero  
 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ  
 al156099@alumnos.uacj.mx

Las presas de regulación son de extrema importancia para el control de las escorrentías que descienden desde las partes topográficamente altas. Específicamente, el arroyo Víboras ubicado en la subcuenca de Anapra en Cd. Juárez, Chihuahua. En su parte alta, se localiza en una cerrada topográficamente bien definida, en la que la formación Finley, conformada por rocas calizas del grupo Aurora, flanquean el ramal principal del arroyo Víboras, definiendo una boquilla que ofrece condiciones de idoneidad para el emplazamiento de una presa de regulación en esta zona. Hidrológicamente, la microcuenca aguas arriba de esta cerrada topográfica, genera un gasto de 8.48 m<sup>3</sup>/s, correspondiente a un volumen de 8.48 m<sup>3</sup>. Si este gasto no es regulado, la parte baja de la cuenca reporta gastos de hasta 11.4 m<sup>3</sup>/s en lluvias ordinarias y de hasta 50.63 m<sup>3</sup>/s en eventos extremos. Lo anterior, aunado al desordenado proceso de urbanización de la cuenca, donde la condición hidrológica del suelo ha sido severamente afectada se traduce en que, en esta corriente, es de extrema necesidad, el disponer de obras de control que permitan un tránsito hidrológico seguro de los escurrimientos sin afectar a la población de 200,000 habitantes. Aunque geológicamente, el flanco de roca caliza competente en ambas márgenes ofrece condiciones de factibilidad, es necesario, evaluar las condiciones del subsuelo, ya que la presencia de fallas laterales en el eje del cañón y la presencia de lutitas expuestas en superficie, suponen un riesgo

eventual para el emplazamiento de esta obra. Para ello, en este estudio, se aplicaron los métodos geofísicos de resistividad eléctrica en modalidad de tomografía, sísmica de refracción, MASW, HVSr para evaluar, en conjunto con sondeos directos, la factibilidad de la construcción de esta presa de control de avenidas. Mediante la interpretación conjunta de la geología superficial, los estudios geofísicos y los sondeos directos se generaron perfiles geotécnicos para asistir la etapa de diseño de la obra. Finalmente, una vez caracterizado el macizo rocoso en profundidad, se evaluó la interacción macizo rocoso-estructura en términos de asentamientos, supresión y efectos sísmicos. Los resultados muestran que la deformación es mínima, no requiriéndose contra flechas, la máxima presión de poro de boyanza es de 6.0 kPa.

EG-60 CARTEL

**GEOMETRÍA DEL DETACHMENT CAÑADA  
DAVID EN SUBSUELO, CUENCA LAGUNA  
SALADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, A  
PARTIR DE UN MODELADO 2D GEOFÍSICO**

Balbuena Salomón Martha Carolina, González Escobar  
Mario, Fletcher John y Mastache Román Edgar Agustín  
*División de Ciencias de la Tierra, CICESE*  
mbalbuena@cicese.edu.mx

La Cuenca Laguna Salada es una depresión tectónica que cubre un área aproximada de 700 km<sup>2</sup>, con ~20 km de ancho y ~100 km de longitud en dirección NNW, la cual se encuentra localizada en el estado de Baja California, noroeste de México. El Detachment Cañada David es una de las principales estructuras que controlan de dicha cuenca. Para esta falla existen dos propuestas de modelos geológicos los cuales tratan de revelar su comportamiento a profundidad. Uno de los modelos define que tiene una geometría antilítrica como indicativo del modelo genético Rolling Hinge, y otro que plantea que podría tener una geometría planar (lítrica) como indicador de su formación según el modelo genético de bloques dominó. En este trabajo se pretende validar uno de las dos propuestas, para esto se realizará un modelado geofísico utilizando información gravimétrica, magnetométrica y de sísmica de reflexión. En el modelado se incluirán observaciones de geología superficial y a profundidad (pozos) que se tienen en el área.

Sesión regular

# **FÍSICA ESPACIAL**

Organizadores:

Juan Américo González Esparza

Julio César Mejía Ambriz

Víctor de la Luz

FE-1

## VARIACIONES EN LOS RAYOS CÓSMICOS DETECTADOS POR EL TELESCOPIO DE NEUTRONES SOLARES EN SIERRA NEGRA ATRIBUIDAS A TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS

Perea Contreras Sebastian y González Méndez Luis Xavier  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 sebastian.perea@ciencias.unam.mx

En el presente trabajo, se desarrolló un estudio de la influencia de las siete tormentas geomagnéticas más intensas del 2015 en el flujo de rayos cósmicos detectado por el Telescopio de Neutrones Solares en Sierra Negra (TNS-SN). Se utilizaron como base las variaciones en la intensidad de los índices Dst y Kp, así como datos horarios del TNS-SN, instalado a 4580 m s.n.m. Con base en el análisis desarrollado, se concluyó que la profundidad atmosférica del TNS-SN es un factor determinante en la detección de variaciones significativas relacionadas con tormentas geomagnéticas, ya que la variación diurna detectada está amplificada. El TNS-SN puede registrar de forma eficiente eventos de corta duración y muy energéticos. Para poder detectar eventos menos energéticos y mayor duración, es necesario que el porcentaje de variación del detector al momento del evento sea mayor al 5% del promedio de los datos y que la variación diurna amplificada sea menor. Ahora sabemos que el TNS-SN es un buen instrumento para detectar del flujo de la componente más energética de los rayos cósmicos secundarios y que está diseñado para detectar de forma eficiente eventos de partículas energéticas solares, generadas en las fulguraciones.

FE-2

## EFFECTOS DE CAMPOS ELÉCTRICOS ATMOSFÉRICOS SOBRE LOS RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Newton Bosch Bertha Jania y González Méndez Luis Xavier  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 janewton@ciencias.unam.mx

En este trabajo se busca evidencia del posible efecto de los campos eléctricos generados por tormentas eléctricas sobre la intensidad de la radiación cósmica (RC) secundaria registrada por el monitor de neutrones 6-MN64 ubicado en el Observatorio de Rayos Cósmicos de la Ciudad de México. La evidencia tendría forma de tendencias sistemáticas en las variaciones de la intensidad de rayos cósmicos secundarios, comparables con la teoría desarrollada por L. Dorman. Se utilizaron como base las mediciones del monitor de campos eléctricos atmosféricos Boltek EFM-100, instalado en el Instituto de Geofísica de la UNAM, las cuales permitieron identificar con precisión la ocurrencia de tormentas eléctricas en el año 2017, su duración y su intensidad. De esta manera, se seleccionaron las diez tormentas más intensas del año y se definieron los tiempos de tormenta. Posteriormente, se realizaron análisis estadísticos sobre los datos obtenidos por el monitor de neutrones durante los tiempos establecidos de tormenta. Los análisis incluyeron una regresión lineal y el cálculo del porcentaje de variación con respecto a la media de intensidad de RC en condiciones de buen tiempo, entre otros. Los resultados de estos análisis no presentaron tendencias sistemáticas, sin embargo, esto se puede atribuir a que no se descartaron periodos de tormentas consecutivas y la posición geográfica del monitor. Por último, se llevó a cabo un análisis de épocas superpuestas sobre los datos registrados durante tormentas aisladas, para el cual se obtuvo una variación de 0.26%. Este resultado es comparable con el rango calculado por Dorman de 0.27-0.81%.

FE-3

## ANÁLISIS DE DATOS IONOSFÉRICOS PROVENIENTE DE ESTACIONES MEXICANAS DE GPS DURANTE EL AÑO 2015

Rodríguez-Martínez Mario<sup>1</sup>, Méndez Bedolla Hugo<sup>1</sup>, Hernández Anaya Shaden Saray<sup>1</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>2</sup> y Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, ENES-UNAM Unidad Morelia  
<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, unidad Michoacán  
 mrodriguez@enesmorelia.unam.mx

En gran medida las perturbaciones ionosféricas pueden estar asociadas directa o indirectamente con eventos que ocurren en el Sol. Sin embargo, es de gran importancia para la comunidad en México que se dedica a estudiar este tipo de fenómenos, estudiar el comportamiento de la ionosfera durante periodos en los que no ocurren tales eventos y tener un punto de partida en la comparación de los mismos a nuestras latitudes. En este trabajo se presentarán avances preliminares de este análisis ionosférico durante todo el 2015 a partir de datos de estaciones fijas de GPSs y utilizando el modelo MAGIC de la NOAA. Los datos utilizados forman parte de la red de GPSs del Servicio Sismológico Nacional disponibles ese año.

FE-4

## MAPAS DEL ÍNDICE W PARA EL ANÁLISIS DE LA PERTURBACIÓN IONOSFÉRICA DURANTE LA TORMENTA GEOMAGNÉTICA DEL 28 DE MAYO DE 2017

Hernández Anaya Shaden Saray<sup>1</sup>, Rodríguez-Martínez Mario<sup>1</sup>, Méndez Bedolla Hugo<sup>1</sup>, Sergeeva María<sup>2</sup> y Mejía Ambríz Julio César<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, ENES-UNAM Unidad Morelia  
<sup>2</sup>CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>CONACYT, UNAM, IGUM, Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE)  
 shaden.02@ciencias.unam.mx

Durante la tormenta geomagnética (TG) intensa (Dst = -124 nT) del 28 de mayo de 2017, el contenido total de electrones a lo largo de la vertical, (vTEC, por sus siglas en inglés) se vio afectado. En este trabajo se presenta un análisis de esta perturbación ionosférica generada durante la TG haciendo uso de datos de GPSs sobre territorio mexicano y del código MAGIC de la NOAA. Adicionalmente se generaron mapas del índice W antes, durante y después de la actividad geomagnética con el objetivo de identificar el estado de la ionosfera y cuantificar la perturbación. También se presentan mapas del contenido total de electrones en la región mexicana, así como una comparación preliminar del estado de la ionosfera con respecto a periodos no perturbados.

FE-5

## ESTUDIO DE CENTELLEO IONOSFÉRICO CERCA DEL RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA, PERÚ

Huipé Domratheva Elizandro<sup>1</sup>, Pacheco Josán Edgardo<sup>2</sup>, De la Luz Rodríguez Víctor Hugo<sup>3</sup> y De la Jara César<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado de Ciencias de la Tierra, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia UNAM.  
<sup>2</sup>Instituto Geofísico del Perú  
<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia  
 hdomeli@gmail.com

Debido a la influencia de fenómenos de clima espacial sobre las señales satelitales como GNSS, es importante identificar el cambio temporal del centelleo para distintos periodos de tiempo y relacionarlos con los fenómenos que lo modulan. Para entender la variación del centelleo sobre el centro de Perú, se hizo un análisis del parámetro S4 de las estaciones GPS de Huancayo, Ancón y Jicamarca. Se mostró su variación en un periodo de tiempo, desde el fin del ciclo solar 23 hasta la mitad del inicio del ciclo 24, es decir, desde el año 2008 hasta el 2014. Para esto, se hicieron series de tiempo de S4 promediando el parámetro en periodos de 15 minutos, de una hora y hasta un día para observar su variación en rangos de días, años y estaciones del año. También se efectuaron mapas de intensidades de S4 usando los \textit{pierce points}, considerando una altura de 350 km como la fuente del centelleo, de tal manera que sus proyecciones sobre el territorio abarcaran 500 km de radio a su respectiva estación de GPS. Para entender cómo las perturbaciones magnéticas y la actividad solar modulan al centelleo, se comparó el índice S4 con flujo de 10.7 cm, así como con el índice Dst y Kp, para distintas escalas de tiempo. Las observaciones preliminares muestran una correlación del centelleo con la actividad solar más clara que con las perturbaciones geomagnéticas. Se agradece al Instituto Geofísico del Perú, al Radio Observatorio de Jicamarca y al Posgrado de Ciencias de la Tierra de la UNAM.

FE-6

## LA RED NACIONAL DE ESTACIONES GEOMAGNÉTICAS

Corona Romero Pedro<sup>1</sup>, Caraballo Ramon<sup>1</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>1</sup>, Hernández Esteban<sup>2</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup>, Caccavari Garza Ana<sup>2</sup>, Pérez Tijerina Eduardo<sup>3</sup>, Romero Hernández Esmeralda<sup>3</sup>, Sergeeva María<sup>3</sup>, Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>1</sup>, Mejía Ambríz Julio César<sup>1</sup>, González Aviles Jose Juan<sup>1</sup> y González Méndez Luis Xavier<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, LANCE / IGUM-UNAM  
<sup>2</sup>Servicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>3</sup>Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Universidad Autónoma de Nuevo León, LANCE / UANL  
 piter.cr@gmail.com

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

FE-7

## CORRIENTES GEOMAGNÉTICAMENTE INDUCIDAS LA RED DE HV DE MÉXICO: PRIMERAS OBSERVACIONES

Carballo Ramon<sup>1</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>2</sup>,  
Sergeeva María<sup>3</sup> y Ramírez Pacheco Carlos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>CONACYT, SCIESMEX-LANCE, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>Gerencia de Ingeniería Especializada, Comisión Federal de Electricidad  
rcarballo@igeofisica.unam.mx

Las corrientes geomagnéticamente inducidas (CGI), constituyen uno de las manifestaciones más estudiadas del clima espacial a nivel de superficie. Se han observado desde fines del siglo XIX en las primeras líneas de telégrafos de Norteamérica y Europa. Posteriormente, comenzaron a observarse en redes de distribución de energía eléctrica y cables transatlánticos. Sus efectos inicialmente se mantuvieron confinados a las regiones aurorales, donde la presencia de grandes corrientes ionosféricas favorecía su aparición. Durante todo el siglo XX las redes de conductores se han expandido por la superficie del planeta a ritmo creciente. A medida que crece el grado de interconexión entre diversas redes de datos, potencia y oleoductos, las GCI acentúan su intensidad y se han podido observar incluso en países de baja y media latitud como Sudáfrica donde han provocado desperfectos que han dado lugar a extensos apagones. Esto ha motivado una preocupación creciente en muchos países sobre los potenciales daños que pueden causar sobre las redes de potencia integradas. En este sentido, desde 2018 se inició el estudio y modelado de corrientes geomagnéticamente inducidas (CGI) en la red de 400 kV del Sistema Eléctrico Nacional de México (SEN). Se estableció una colaboración entre la Gerencia de Ingeniería Especializada de CFE y el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE). Acto seguido, se instaló en Febrero de 2019 un primer sensor de GCI en la subestación de potencia localizada en Querétaro. Dicho sensor está instalado sobre el neutro del banco de Transformadores de 400 kV de dicha subestación. Este estudio, aparte de ser pionero en México, actualmente es único en Latinoamérica. En el presente trabajo presentamos las primeras mediciones de GCI efectuadas en la subestación Querétaro y comparamos los resultados del primer modelo 1D de la red de potencia de 400 kV del SEN con los datos medidos. Dicha comparación arroja similitudes para los niveles de actividad geomagnética registrados, pero también diferencias que pueden ser explicadas en función de la simplicidad del modelo numérico inicial y en los valores de entrada sugeridos para este. Si bien los niveles de actividad geomagnética registrados durante el periodo de medición son mínimos, resulta significativa la intensidad de la CGI medida, lo cual nos da una pauta concreta que su intensidad puede ser significativa en un escenario de fuertes perturbaciones geomagnéticas. Palabras Clave: Clima Espacial Corrientes Geomagnéticamente Inducidas Redes de Alta Tensión

FE-8

## SCATTERING OF ACOUSTIC WAVES IN 3D SPACE

Karlovich Yuri, Burlak Gennadiy y Atakishiyeva Mesuma  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
karlovich@uam.mx

Scattering of time-harmonic acoustic waves on non-regular screens in 3D space is investigated. The interior and exterior Dirichlet, Neumann and impedance problems for the three-dimensional Helmholtz equation are considered in a Sobolev space setting (the finite energy norm space). The solvability and the existence of unique solutions for these problems are studied, and the methods of constructing solutions are discussed. The approaches to studying the interior and exterior problems are extremely different, and the corresponding results depend very sensitively on the properties and geometry of the sufficiently thin screens. Our study is based on a reduction of these problems to integral equations given on the screen surfaces, by applying integral representations for the solutions of the considered problems for the Helmholtz equation, variational formulations for the Helmholtz problems and the spectral analysis of these problems.

FE-9

## DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE CAMPOS ELÉCTRICOS ATMOSFÉRICOS: CALIBRACIÓN DE EQUIPO Y PRIMEROS ANÁLISIS DE DATOS

Monterde Andrade Fernando y González Méndez Luis Xavier  
Instituto de Geofísica, UNAM  
fernandomonterde@ciencias.unam.mx

El equipo Boltek EFM-100 es un dispositivo capaz de detectar y medir campos eléctricos atmosféricos. Tras someterlo a un proceso de calibración, se logra obtener una nueva base de datos estables y de confianza. Así mismo, se realizan los primeros análisis de los datos, cuyo primer uso en la investigación científica está orientado al área de las ciencias espaciales.

FE-10

## IMPLEMENTACION DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UANL

Perez Jose Enrique y Perez Eduardo  
Universidad Autonoma de Nuevo Leon, UANL  
enrique584@hotmail.com

Se presentan los avances en la implementación de Observatorio Astronómico Universitario (OA-UANL). Nuestro trabajo se enfoca en las primeras pruebas de los sitios sedes del OA-UANL en el sur del estado de Nuevo León. En particular se obtuvieron medidas representativas tanto del brillo superficial nocturno como del seeing, las cuales fueron relacionadas con variables climatológicas para caracterizar la estabilidad atmosférica, el brillo superficial límite y el porcentaje de noches despejadas. Así mismo se presenta un resumen de operaciones del equipo Callisto de la UANL en el municipio de Iturbide, N. L.

FE-11

## ORIGEN, GEOMETRÍA Y EFICIENCIA DE LAS REGIONES DE INTERACCIÓN REPORTADAS EN EL LANCE

Sánchez García Elsa<sup>1</sup>, Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>2</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>3</sup> y Romero Hernández Esmeralda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PCT, UNAM

<sup>2</sup>IGUM, LANCE/UNAM

<sup>3</sup>FCFM/UANL

elsasg@geofisica.unam.mx

Las regiones de interacción de corrientes (SIR) son estructuras de gran-escala de viento solar y objeto de estudio para predicciones de clima espacial, por lo que es necesario entender su evolución, geometría y su eficiencia. En este estudio, analizamos un conjunto de SIRs que fueron observadas por la nave WIND durante el periodo 2018-2019 y que se reportaron en el LANCE (Laboratorio Nacional de Clima Espacial). Revisamos algunas de las características geométricas de las SIRs como lo es el tamaño de la región de interacción, la transferencia de momento entre las corrientes de diferente velocidad, la posición relativa de la interfase de corriente y la geometría que presentó en su arribo al entorno geomagnético. Adicionalmente, cuantificamos la eficiencia que tuvo cada SIR usando índices geomagnéticos globales (Kp (estimated global index) y Dst (Disturbance storm time)) y locales (K<sub>max</sub> y Dst-mex). Finalmente, estudiamos las propiedades de las regiones fuente del viento solar rápido usando mapas sinópticos y la posición de la hoja de corriente heliosférica basándonos en mapas del campo magnético coronal.

FE-12

## VELOCIDAD DEL VIENTO SOLAR CON LA EVOLUCIÓN DEL PATRÓN DE DIFRACCIÓN DE CENTELLEO INTERPLANETARIO

Mejía Ambríz Julio César<sup>1</sup>, Reyes Marín Pedro<sup>2</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>3</sup>, Andrade-Mascote Ernesto<sup>3</sup>, Villanueva-Hernández Pablo<sup>3</sup>, Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>3</sup>, Espinosa Adán<sup>3</sup> y Godoy Juan Luis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CONACYT, UNAM, IGUM, Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE)

<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>3</sup>UNAM, IGUM, LANCE

jcmejia@geofisica.unam.mx

Para encontrar la velocidad del viento solar con observaciones de centelleo interplanetario se conocen dos métodos, con la función de autocorrelación entre dos estaciones de observación separadas unos cientos de kilómetros, y con el espectro de potencias de centelleo captadas por una sola estación. En este trabajo, con observaciones del radiotelescopio MEXART a 140 MHz, mostramos una alternativa para estimar la velocidad de forma sencilla. Una vez que conocemos la evolución de la frecuencia temporal del patrón de difracción producido por centelleo, a distintas elongaciones, podemos asignar con cierto rango de error, una magnitud de velocidad para una observación dada con solo conocer la frecuencia promedio de centelleo. También mostramos que puede ser de utilidad para identificar muy altas velocidades, como eyecciones de masa coronal rápidas propagándose en el medio interplanetario.

FE-13

## EVOLUCIÓN DE LAS FLUCTUACIONES DE DENSIDAD ELECTRÓNICA DE MICROESCALA EN EL VIENTO SOLAR USANDO CENTELLEO INTERPLANETARIO

Reyes-Marín Pedro Alberto<sup>1</sup>, Mejía Ambríz Julio César<sup>2</sup>, Villanueva-Hernández Pablo<sup>3</sup>, Andrade-Mascote Ernesto<sup>3</sup>, Espinosa-Jiménez Adán<sup>3</sup> y Godoy Juan Luis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UMSNH

<sup>2</sup>CONACyT, UNAM, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, LANCE

<sup>3</sup>UNAM, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, LANCE  
pedro\_alberto.rm@hotmail.com

En este trabajo analizamos como evolucionan las micro irregularidades de densidad electrónica en el viento solar, enfocándonos en la ley de potencias a que obedecen sus fluctuaciones al alejarse del Sol y tratando de resolver como decaen. Comúnmente se considera que las fluctuaciones decaen proporcional a la densidad del medio. Diversos estudios, en cambio, han propuesto otro que van como  $R^{\alpha} \cdot b$  siendo  $R$  la distancia heliocéntrica y  $b$  una variable que puede depender de  $R$  o ser constante. Nosotros combinamos la teoría de centelleo y observaciones del radiotelescopio MEXART para encontrar la evolución de  $b$ . En general mostramos que cerca del Sol  $b$  es aproximadamente 2 y luego decae a cerca de  $b=1$  a 1 unidad astronómica. Explicaremos la importancia de conocer este valor para algunos modelos del viento solar.

FE-14

## DÍA DEL ASTEROIDE: CONMEMORACIÓN DE UNA CATÁSTROFE

Bartali Marchetti Roberto<sup>1</sup>, García Dobarganes Bueno Juan Esteban<sup>2</sup>, Pérez-Pérez Pablo Francisco<sup>2</sup>, Rodríguez-Rico Carlos Alanías<sup>2</sup> y Colli José Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato  
roberto.bartali@uaslp.mx

Los asteroides son pequeños cuerpos compuestos de rocas y metales que son considerados los ladrillos de la formación planetaria, con un tamaño de 10 m a 900 km. Son de los primeros objetos masivos que se formaron en el Sistema Solar. Se localizan, en su mayoría, en el Cinturón principal entre Marte y Júpiter, sin embargo, también se tienen concentraciones en otras zonas orbitales del Sistema Solar, y debido a su masa reducida (99% con diámetro inferior a 10 km) sus órbitas son fuertemente perturbadas provocando frecuentes colisiones con planetas y satélites. De los más de 800 mil asteroides conocidos, 22 mil cruzan la órbita de la Tierra y el 10% de estos son considerados potencialmente peligrosos. Esto implica que una colisión catastrófica puede ocurrir en cualquier momento. Los sistemas de monitoreo sísmico instalados alrededor del mundo para detectar y localizar detonaciones nucleares proporcionan información de utilidad para los astrónomos, geólogos y geofísicos y gracias a ello se han podido determinar que, en promedio, un pequeño asteroide colisiona con la Tierra cada 14 días, liberando una energía entre 0.1 a 500 kton. Cabe destacar que los impactos de asteroides han sido cruciales para la evolución geológica y biológica de nuestro planeta, además de que han propiciado el enriquecimiento de recursos hídricos y minerales. En 1908 en Tunguska (Siberia) ocurrió el impacto más catastrófico de los tiempos modernos, producido por la destrucción en la atmósfera de un asteroide de aproximadamente 50 m de diámetro, liberando una energía superior a 3 Mton la cual derribó e incineró aboles en una superficie de 2,000 km<sup>2</sup>. El 6/12/2016, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la resolución A/RES/71/90 en la que se declara el 30 de junio como el Día Internacional del Asteroide. Cada año en muchos países se llevan a cabo eventos de divulgación para concientizar al público sobre el peligro de impacto de los asteroides y sus consecuencias. En 2018 se celebró en la Universidad de Guanajuato (UG) la primera edición de este evento en dos fechas diferentes, en la primera de un día de duración, se impartieron 8 conferencias y tres talleres, mientras que en la segunda se impartieron, durante dos días, 14 conferencias, 2 talleres y exposición de carteles relacionados con los asteroides y los cráteres de impacto. Los eventos fueron dirigidos al público en general y en ellos participaron destacados investigadores del Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología y del Departamento de Astronomía de la UG, así como de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. En este trabajo, además de mostrar los resultados de la realización de este evento, se presenta la importancia del estudio de los asteroides, su pertinencia social y el origen de este tipo de eventos. Se describen las razones por las que es indispensable mantener bajo estricta observación y estudio a los asteroides además de determinar los efectos a corto, mediano y largo plazo de los fenómenos de colisión.

FE-15

## ACTIVIDADES DE CLIMA ESPACIAL EN LATINOAMÉRICA

González Esparza Juan Américo<sup>1</sup>, Costa Joaquim E. R.<sup>2</sup>, Denardini Clezio M.<sup>3</sup>, Dasso Sergio<sup>4</sup> y Valdivia Juan A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>EMBRACE, National Institute for Space Research, Brazil

<sup>3</sup>EMBRACE, National Institute for Space Research, Brazil,

<sup>4</sup>LAMP, UBA, Argentina

<sup>5</sup>LCE, U. de Chile, Chile

americo@geofisica.unam.mx

Las instituciones latinoamericanas comenzaron a desarrollar investigaciones en ciencias espaciales desde la década de 1960, centrándose en las interacciones Sol-Tierra, que hoy en día se denominan clima espacial. En la última décadas se han construido varias redes instrumentales y colaboraciones científicas en América Latina en diferentes proyectos relacionados con las ciencias espaciales. Estas redes instrumentales se están incorporando gradualmente a los estudios del clima espacial a medida que sus datos proporcionan variables clave para el monitoreo y el pronóstico de la meteorología del espacio. Reportamos el trabajo en progreso en el monitoreo del clima espacial, la investigación y el pronóstico de los diferentes centros nacionales, y los pasos para crear un consorcio latinoamericano (ALL4Space) para estudios y monitoreo del clima espacial.

FE-16

## ESTRUCTURA DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE CHERENKOV EN UN ESPACIO TRIDIMENSIONAL CON NANOTUBOS

Burlak Gennadiy, Karlovich Yuri y Medina-Angel Gustavo

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

gburlak@uaem.mx

Estudiamos la radiación electromagnética de Cherenkov en espacio tridimensional (3D) de una partícula cargada que se mueve sobre un sistema periódico de nanotubos de carbono. Para considerar un caso de nanotubos de pared simple limitados, aplicamos la técnica numérica de dominio de tiempo de diferencia finita (FDTD). Descubrimos que, debido a la radiación de banda ancha de una carga, el espectro del campo óptico en dicho nanosistema está determinado por las excitaciones de superficie plasmón-polaritón. Nuestro estudio del espectro de energía de campo en función de la frecuencia del plasma detecta una dependencia no monotónica de doble pozo dentro del área de una resonancia de superficie plasmón-polaritón. Se registra un pico bien definido que indica una generación de excitaciones colectivas en nanotubos por la radiación electromagnética de Cherenkov.

FE-17

## OCURRENCIA DE FULGURACIONES SOLARES UTILIZANDO VALORES EXTREMOS

De la Luz Víctor<sup>1</sup>, Balanzario Eugenio<sup>2</sup> y Tsiftsi Thoma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

<sup>2</sup>UNAM

vdelaluz@enesmorelia.unam.mx

En este trabajo presentamos los resultados del cálculo estadístico utilizando la técnica de valores extremos para la ocurrencia de fulguraciones solares para las próximas décadas utilizando todas las fulguraciones registradas en Rayos-X por el satélite GOES de la NOAA de 1975 al 2018. Los resultados muestran que se espera una fulguración mayor a X23 cada 25 años.

FE-18

## ANÁLISIS ELECTRODINÁMICO DE LA INTERACCIÓN DE UNA PARTÍCULA CARGADA CON UNA ONDA DE PLASMA

Gómez Flores Octavio<sup>1</sup> y Vázquez Báez Víctor Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAOE

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP

octavio.gomez@correo.buap.mx

Se analiza la interacción entre una partícula cargada y una onda de plasma monocromática, transversal y plana (whistler y de Alfvén) en un campo magnético dipolar al resolver la ecuación de la fuerza de Lorentz para obtener las ecuaciones de movimiento utilizando el módulo SciPy del lenguaje de programación Python. Se consideran dos escalas de tiempo distintas, la primera es sobre el periodo del ciclotrón donde se contrasta la energía que adquiere la partícula por parte de la onda con la energía que irradia al ser acelerada. Mientras que la segunda escala de tiempo es alrededor de 75 segundos discutiendo como las trayectorias se ven modificadas al variar los valores iniciales.

FE-19

## SPICULE JETS IN THE CHROMOSPHERE-CORONA INTERFACE MODELED WITH RESISTIVE MHD WITH THERMAL CONDUCTIVITY

González José Juan<sup>1</sup>, Guzmán Francisco S.<sup>2</sup>, Fedun Viktor<sup>3</sup> y Verth Gary<sup>4</sup><sup>1</sup>CONACyT-SCIEMEX-LANCE, IGUM, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Física y Matemáticas, UMSNH<sup>3</sup>Department of Automatic Control and Systems Engineering, University of Sheffield, UK<sup>4</sup>School of Mathematics and Statistics, University of Sheffield, UK  
jgonzalez@igeofisica.unam.mx

We study the effects of resistivity, thermal conductivity and numerical methods in the dynamics and properties of solar jets. We focus on the generation and evolution of type II spicules with a suitable magnetic field configuration consisting of two loops. The dynamics is assumed to be governed by the resistive magnetohydrodynamics equations with thermal conductivity on a 2.5D slice. The equations are solved for a successfully triggered jet using High Resolution Shock Capturing methods that use HLLC and HLLC flux formulae, together with first and second order reconstructors. We quantify differences of height, thickness, time-life and velocity of the jet excited in terms of solar atmosphere and numerical parameters applied.

FE-20

## NUEVAS HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE CUERPOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR EN EL OAN-SPM

Castro Chacón Joel Humberto<sup>1</sup> y Reyes Ruiz Mauricio<sup>2</sup><sup>1</sup>CONACyT - Instituto de Astronomía UNAM<sup>2</sup>Instituto de Astronomía UNAM  
joelhoch@astro.unam.mx

Los cuerpos menores del sistema solar son los objetos que menos han sufrido cambios en cuanto a su composición y aspecto desde la formación de nuestro sistema planetario. Debido a su escasa influencia gravitacional, estos son verdaderos objetos de "prueba", que han sido afectados por el sistema planetario sin influir individualmente en el mismo. Sus características dinámicas actuales contienen información sobre la evolución del sistema solar. El descubrimiento de nuevos sistemas planetarios ha requerido ajustar la teoría en cuanto al proceso de formación de los planetas, sobre todo por la existencia de numerosos "Júpiteres Calientes", y la configuración actual de los ocho planetas con el Sol. Adicionalmente, el estudio de algunos tipos de cuerpos menores como los asteroides, cometas y objetos cercanos a la Tierra es de vital importancia, debido a la posibilidad de colisiones con nuestro planeta y de aprovechamiento de recursos minerales. En este sentido, la composición, la rugosidad, la forma y el tamaño requieren ser conocidos a priori, como ocurre para maximizar el éxito de las misiones espaciales. Para este propósito las observaciones desde tierra tienen un papel preponderante para determinar: albedos, astrometría, tamaño, forma, composición, etc. En el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir (OAN-SPM) se están iniciando diversos estudios teóricos y observacionales en el área de las Ciencias Planetarias, para descubrir y caracterizar cuerpos menores del sistema solar. En particular se utilizan técnicas como: fotometría, espectroscopia, polarimetría y ocultación estelar. A partir de la llegada de TAOS-II (Transneptunian Automated Occultation Survey) se han estado desarrollando esfuerzos para aprovechar al máximo esta infraestructura de última generación y la gran cantidad de datos fotométricos que producirá. En este trabajo se presentarán las capacidades del OAN-SPM en el estudio de objetos menores del sistema solar, algunos resultados teóricos y observacionales que se han obtenido por nuestro grupo a la fecha y finalmente las posibilidades de colaboración con grupos de Ciencias de la Tierra en esta misma línea de investigación.

FE-21

## RED MUNDIAL DE TELESCOPIOS DE NEUTRONES SOLARES

González Luis Xavier<sup>1</sup> y Valdés-Galicia José Francisco<sup>2</sup><sup>1</sup>LANCE/SCIEMEX, IGUM, UNAM<sup>2</sup>Geof, UNAM

xavier@igeofisica.unam.mx

La red mundial de telescopios de neutrones solares (TNS) está compuesta por 7 telescopios. Fue diseñado para detectar neutrones generados en las fulguraciones solares; sin embargo, registra el fondo de rayos cósmicos galácticos, puede diferenciar directamente entre partículas neutras y cargadas y tiene la capacidad de medir la dirección y la energía depositada por las partículas incidentes. En este trabajo, se presenta un esquema general de los TNS, su funcionamiento y los resultados de la eficiencia de detección con base en GEANT3 y GEANT4.

FE-22 CARTEL

## ANÁLISIS DEL TEC IONOSFÉRICO NOCTURNO SOBRE LATINOAMÉRICA

Romero Esmeralda  
UANL, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas  
cefeyda\_esm@yahoo.com.mx

En este estudio se analiza la variación del contenido total de electrones (TEC) de la ionósfera durante la noche, usando datos del Global Navigation Satellite System (GNSS) de la región de Latinoamérica. El análisis cualitativo y cuantitativo del TEC ionosférico está enfocado en: (1) la influencia del flujo solar sobre el TEC medido a las 21:00 y 03:00 horas (LT); (2) la variación estacional del TEC a diferentes latitudes durante la noche; y (3) la asimetría norte-sur del TEC. Para analizar la respuesta del TEC se usaron dos periodos de tiempo asociados con diferentes condiciones de actividad solar: 2011 (fase ascendente) y 2014 (máximo).

FE-23 CARTEL

## MICRO-ESCALAS EN EL VIENTO SOLAR

Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>1</sup>, Mejía Ambriz Julio César<sup>2</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>3</sup>, Corona Romero Pedro<sup>4</sup>, Romero Hernández Esmeralda<sup>5</sup>, Sergeeva María<sup>6</sup>, González-Avilés José Juan<sup>7</sup>, Andrade-Mascote Ernesto<sup>8</sup>, Villanueva-Hernández Pablo<sup>9</sup>, Espinosa-Jiménez Adán<sup>4</sup> y Godoy Juan Luis<sup>4</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM-IGUM<sup>2</sup>CONACyT-LANCE<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León<sup>4</sup>MEXART-LANCE

ernesto@igeofisica.unam.mx

Las observaciones de centelleo interplanetario (IPS) de fuentes de radio compactas proveen una forma de inferir las propiedades del viento solar en la heliosfera interna. El espectro de potencia temporal de las observaciones de IPS revela diferentes propiedades del viento solar. En este estudio analizamos observaciones de IPS de la fuente de radio 3C48 (J0137+331) para determinar el parámetro de micro-turbulencia (alfa) de las micro-escalas del viento solar.

FE-24 CARTEL

## DETERMINACIÓN DE LA REGIÓN DE EMISIÓN DE RADIO TIPO II EN FRENTE DE CHOQUES INTERPLANETARIOS

Barón Martínez Griselda<sup>1</sup>, Aguilar Rodríguez Ernesto<sup>2</sup>, Corona Romero Pedro<sup>3</sup> y Mejía Ambriz Julio César<sup>3</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>IGUM-UNAM<sup>3</sup>CONACyT-LANCE

grissellbar34@ciencias.unam.mx

Los estallidos de radio Tipo II son considerados la firma característica de ondas de choque que se propagan a través de la corona solar y el medio interplanetario. Se definen como un ancho de emisión electromagnética que deriva hacia bajas frecuencias con el tiempo. Se sabe que en el medio interplanetario, es la onda de choque, conducida por la EMC, la encargada de producir la emisión tipo II. Un punto que ha sido motivo de controversia desde que la emisión Tipo II se descubrió en el año 1947, es el relacionado con la región del choque en la que ésta es emitida. Diferentes estudios han mostrado que la región de emisión de los estallidos de radio Tipo II en los frentes de choque se localiza río arriba o río abajo de éstos, sin embargo, esto se puede deber a las características de los frentes de choques y las condiciones preexistentes del viento solar ambiente a través del cual se propagan. El propósito de este trabajo es determinar si realmente el problema de la localización de la región fuente de las emisiones de radio Tipo II se reduce a dos escenarios, región río arriba o región río abajo del frente de choque, o bien existe la posibilidad de que ambos escenarios sean válidos pero se presentan en diferentes condiciones. Mediante el análisis de observaciones de estallidos de radio Tipo II, plasma y campo magnético, así como el uso de modelos de densidad del viento solar, se determina qué factores son los que condicionan que la región fuente de la emisión de radio Tipo II se localice río arriba, río abajo y/o dentro de los frentes de choques.

FE-25 CARTEL

## ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE RADIOFUENTES OBSERVADAS CON LA ACTUALIZACIÓN DEL BACK-END DIGITAL DEL MEXART

Villanueva-Hernández Pablo<sup>1</sup>, Mejía Ambriz Julio César<sup>2</sup>, Andrade-Mascote Ernesto<sup>3</sup>, Espinosa Adán<sup>4</sup>, González Esparza Juan Américo<sup>1</sup> y Godoy Juan Luis<sup>2</sup><sup>1</sup>Observatorio de Centelleo Interplanetario, UNAM, MEXART, UNAM<sup>2</sup>LANCE

pablo@geofisica.unam.mx

El Mexican Array Radiotelescope (MEXART por sus siglas en inglés) es un radiotelescopio de gran área el cual consta de 64 líneas de 64 dipolos y su fin es

el estudio del Clima espacial por medio de la técnica de centelleo Interplanetario. El MEXART, consta de una antena y los siguientes sistemas, filtrado, amplificación, combinación, formación de haces, receptor y adquisición de datos. En Septiembre de 2019 se pondrá en marcha un nuevo sistema de formación de haces y de adquisición de datos en base FPGA. En este trabajo se muestran los cálculos teóricos de la sensibilidad del sistema, así como el número de radio-fuentes esperadas, de los catálogos astronómicos, la metodología para escoger estas fuentes y los resultados preliminares de la primeras pruebas y observaciones con el back-end difital.

Sesión regular

# **GEODESIA**

Organizador:  
Enrique Cabral

## GEOD-1

## THE NETWORK OF THE AMERICAS: USING HIGH-RATE REAL-TIME GNSS TO ENHANCE EARTHQUAKE AND TSUNAMI EARLY WARNING

Feaux Karl<sup>1</sup>, Mattioli Glen<sup>1</sup>, Hodgkinson Kathleen<sup>1</sup>, Mencin Dave<sup>1</sup> y Cabral Cano Enrique<sup>2</sup><sup>1</sup>UNAVCO<sup>2</sup>UNAM

kfeaux@unavco.org

UNAVCO has managed the design, construction, and initial operations of three distinct National Science Foundation-funded geophysical observatories across the Americas, including the EarthScope Plate Boundary Observatory (PBO), COCONET (Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network) and TLALOCNet (Trans-boundary, Land and Atmosphere Long-term Observational and Collaborative Network). The projects that initially built and maintained these networks have ended. These networks have now been federated into the Network of the Americas (NOTA), a 1278-station cGNSS-net network that provides free, high-quality, low-latency, open-format data, validated metadata, and data products for researchers, educators, students, and the private sector. As part of its management of the GAGE (Geodesy Advancing GEoscience) Facility, UNAVCO continues to operate and maintain the NOTA. The Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) was a key partner in the construction and operation of both the COCONET and TLALOCNet networks. Under a decommissioning plan currently under review at NSF, a small subset of these 1278 stations would be returned to UNAM. The high-rate GNSS data streams from NOTA, distributed by UNAVCO, are currently being used in prototype earthquake and tsunami early warning systems. Using the peak ground displacements from the real-time GNSS stations, it has been shown that a more accurate and timelier earthquake magnitude estimate can be made. We present a summary of the real-time GNSS assets from NOTA along with GNSS-derived magnitude estimates for several recent large earthquakes, including the 2017 Mw 8.2 Tehuantepec earthquake.

## GEOD-2

## OBSERVACIONES GPS DE ALTA FRECUENCIA (HIGH RATE) Y DATOS SISMOLÓGICOS PARA MONITOREAR LA DEFORMACIÓN COSEÍSMICA DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Moraila Valenzuela Carlos Ramon<sup>1</sup>, Ferhat Gilbert<sup>2</sup> y Perez de los Cobos María Clara de Lacy<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS<sup>2</sup>Earth Sciences Institute UMR7516 CNRS/University of Strasbourg/EOST, and INSA Strasbourg, Department of Surveying Engineering<sup>3</sup>Universidad de Jaén  
cmoraila@uas.edu.mx

La evolución del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) permite ser utilizado en la medición de períodos largos para el monitoreo de la geodinámica de la tectónica de placas. Las observaciones continuas de GPS (cGPS) son similares al sismograma en un rango de frecuencia, proporcionando diferencias, como el marco de referencia, así como el tipo de medida específica de cada instrumento. Estas diferencias presentan ventajas que nos permiten complementar el GPS y las mediciones sismológicas. Uno de los problemas de los sismogramas es la saturación de la señal, no se presenta igual en las observaciones GPS. Con la definición presentada anteriormente, el uso de GPS de alta frecuencia (high rate), como instrumento sismológico resulta fundamentalmente eficiente para el estudio de sismos. En el presente proyecto, se procesa y analiza series temporales generadas con datos cGPS, por sismos ocurridos en la región del Golfo de California, durante el período 2008-2010. De esta forma se obtiene el movimiento co-sísmico asociado a los desplazamientos de estos eventos. Realizando un diagnóstico de la calidad de las observaciones y un filtrado que elimina el efecto causado por la cinemática en la estación de referencia. El análisis de la serie temporal cGPS y los acelerómetros integrados, muestra que, a frecuencias más bajas 0.1.Hz, define una respuesta similar. De lo contrario, el dominio del acelerómetro en la velocidad alta y el GPS en la velocidad baja hacen que sean instrumentos complementarios capaces de proporcionar información relevante en el análisis de eventos sísmicos.

## GEOD-3

## SYSTEMATIC DETECTION AND CHARACTERIZATION OF SLOW SLIP EVENTS ALONG THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE FROM 2000 TO 2019

Mathilde Radiguet<sup>1</sup>, Kazachkina Ekaterina<sup>2</sup>, Maubant Louise<sup>1</sup>, Cotte Nathalie<sup>1</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>2</sup> y Gualandi Adriano<sup>3</sup><sup>1</sup>IS Terre, Université Grenoble Alpes<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>3</sup>JPL, Caltech

mathilde.radiguet@univ-grenoble-alpes.fr

The Mexican subduction zone is characterized by the occurrence of recurrent large slow slip events (SSEs), both in the Guerrero region, where the SSEs are among the largest observed worldwide, and in the Oaxaca region, where smaller, more

frequent SSEs occur. Slow slip events represent a significant mechanism of strain release along this subduction zone, and understanding their occurrence and relations with major earthquake asperities is essential for a comprehensive understanding of the seismic cycle. Up to now, most slow slip studies in the Mexican subduction zone focused either on the detailed analysis of a single event or were limited to a small area (Guerrero or Oaxaca) [e.g.1–4]. The only study over the whole area is limited to data before 2011 [5]. In this study, we aim at providing an updated and consistent catalog of major slow slip events in the Guerrero-Oaxaca region. We use an approach similar to Michel et al. 2018 [6]. We analyze the GPS time series from 2000 to 2019 using Independent Component Analysis (ICA). Our objective is to separate temporally varying sources of different origins, more specifically seasonal signals, slow slip events and afterslip of major earthquakes. The sources (independent components) identified as tectonic sources of deep origin are modeled as slip on the subduction interface. We obtain an invert model of the spatio-temporal evolution of slow slip on the subduction interface over 19 years, from which we can build a catalog of slow slip events. The obtained catalog is first compared to previous studies (number of events detected, equivalent magnitude and duration) to validate the methodology. Then, we investigate the spatio-temporal relation between the SSEs over the studied region, their potential interaction with local and distant earthquakes and their relation with tremors occurrence [7]. 1. Kostoglodov, V. et al. A large silent earthquake in the Guerrero seismic gap, Mexico. *Geophys. Res. Lett.* 30, 1807 (2003). 2. Larson, K. M., Kostoglodov, V. & Shin'ichi Miyazaki, J. A. S. The 2006 aseismic slow slip event in Guerrero, Mexico: New results from GPS. *Geophys. Res. Lett.* 34, L13309 (2007). 3. Radiguet, M. et al. Spatial and temporal evolution of a long term slow slip event: the 2006 Guerrero Slow Slip Event. *Geophys. J. Int.* 184, 816–828 (2011). 4. Walpersdorf, A. et al. Two successive slow slip events evidenced in 2009-2010 by a dense GPS network in Guerrero, Mexico. *Geophys. Res. Lett.* 38, (2011). 5. Graham, S. et al. Slow Slip History for the MEXICO Subduction Zone: 2005 Through 2011. *Pure and Applied Geophysics* 1–21 (2015). doi:10.1007/s00024-015-1211-x 6. Michel, S., Gualandi, A. & Avouac, J.-P. Interseismic Coupling and Slow Slip Events on the Cascadia Megathrust. *Pure Appl. Geophys.* (2018). doi:10.1007/s00024-018-1991-x 7. Husker, A. et al. Characteristic Tectonic Tremor Activity Observed Over Multiple Slow Slip Cycles in the Mexican Subduction Zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 124, 599–608 (2019).

## GEOD-4

## TASAS DE DESLIZAMIENTO Y ACUMULACIÓN DEL MOMENTO SÍSMICO EN LAS FALLAS DEL VALLE DE MEXICALI, B.C. MÉXICO, UTILIZANDO DATOS GPS

Velazquez Zaguilan Arisai, González Ortega Javier  
Alejandro, González García Javier y Sandwell David  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., CICESE  
ari.velazquez.zaguilan@gmail.com

Utilizando datos GPS de estaciones ubicadas en el Valle de Mexicali y Valle Imperial (EE.UU) estimamos la tasa de deslizamiento para las fallas Cerro Prieto (FCP), Imperial (FI), Indiviso (FIIn), la parte norte de la falla Cerro Prieto (CPN) y el sistema de fallas localizada al norte de la falla Laguna Salada en la Sierra Cucapah (FLG-FSC). Las posiciones GPS se estimaron utilizando el programa GAMIT/GLOBK en el marco de referencia ITRF2008 y las velocidades de cada uno de los sitios de observación se calcularon mediante el ajuste lineal de mínimos cuadrados; las velocidades se transformaron al Marco de referencia estable de Norte América (SNARF) y se proyectaron al rumbo de la falla (~45°). Obtuvimos gradientes de velocidad de 30-35 mm/año en 50 km a través de la FCP y FI; de los cuales 5-7 mm/año se acumulan en FLG-FSC, este valor es similar al obtenido en trabajos previos. Se modelaron datos de 2011 a 2019 pertenecientes a 59 estaciones temporales y 11 permanentes haciendo uso del modelo de dislocación en un semiespacio elástico y homogéneo que describe la acumulación de deformación elástica a lo largo de una falla vertical. La tasa de deslizamiento para la FI se estimó en 32.6±1.5 mm/año, para la FCP 28.0±1.2 mm/año y para la FIIn 10.8±1.4 mm/año; todas con profundidad de bloqueo de 5-6 km. La tasa de acumulación del momento sísmico es una medida del potencial sísmico de una región. Utilizando las tasas de deslizamiento, profundidad de bloqueo y longitud de las fallas involucradas, obtenemos: 3.25x10<sup>24</sup> dinas-cm/año para la falla FCP, 2.55x10<sup>24</sup> dinas-cm/año y para la FIIn 1.17x10<sup>24</sup> dinas-cm/año; estos valores pueden ser utilizados en la estimación del peligro sísmico en la región.

## GEOD-5

## MONITOREO DEL NIVEL DEL MAR COSTERO UTILIZANDO LA RELACION SEÑAL A RUIDO DEL GPS EN MÉXICO

Martínez Félix Carlos Alberto<sup>1</sup>, Vázquez Becerra G. Esteban<sup>1</sup>, Geremia Nievinski Felipe<sup>2</sup>, Millán Almaraz Jesús Roberto<sup>1</sup> y Melgarejo Morales Angela<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS  
carlosmartinez@uas.edu.mx

Actualmente, el monitoreo del nivel del mar y el cambio climático en los océanos y zonas costeras es un tema que debe ser considerado con gran seriedad. Debido a algunos efectos del cambio climático, la temperatura promedio global ha aumentado en las últimas décadas en comparación con hace algunos siglos. Este incremento,

en particular, ha afectado a los glaciares polares causando el derretimiento del hielo existente, vertiendo agua dulce en los océanos y, en consecuencia, incrementando el nivel del mar en diferentes costas del planeta. Por lo tanto, el nivel promedio global de los océanos se ha convertido en uno de los indicadores más importantes del cambio climático. En el presente trabajo de investigación, se demuestra la posibilidad de obtener las variaciones del nivel del mar costero a través de una estación GPS utilizando un modelo por inversión basado en la Relación Señal a Ruido (SNR) en condiciones desfavorables como aguas poco profundas cercanas, azimut restringido, así como un mareógrafo relativamente lejano (~120 Km) comparando un año de datos GPS de una estación geodésica instalada en una pequeña isla en México. Los resultados permitieron encontrar una correlación de moderada a alta ( $R = 0.73$ ) con un error cuadrático medio (RMSE = 10.55 cm) entre un mareógrafo tradicional y el GPS propuesto. Además, se aplicó una prueba Van de Castele para encontrar errores sistemáticos en el GPS, esto permitió encontrar un bajo rendimiento en las mediciones cuando la marea es de moderada a baja (< 5.6 m). Finalmente, se concluyó la posibilidad de utilizar estaciones GPS de grado geodésico para monitorear el nivel del mar en zonas costeras bajo distintas condiciones geográficas en México.

## GEOD-6

### SEPARATING TRANSIENT TECTONIC SIGNAL FROM ATMOSPHERIC SIGNAL IN INSAR TIME-SERIES, THE CASE OF THE 2017-2018 SLOW SLIP EVENT IN GUERRERO (MEXICO)

Louise Maubant<sup>1</sup>, Erwan Pathier<sup>1</sup>, Simon Daout<sup>2</sup>, Mathilde Radiguet<sup>1</sup>, Marie-Pierre Doin<sup>1</sup>, Ekatarina Kazachkina<sup>3</sup>, Vladimir Kostoglodov<sup>3</sup>, Nathalie Cotte<sup>1</sup> y Andrea Walpersdorf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ISTerre

<sup>2</sup>Oxford

<sup>3</sup>UNAM

louise.maubant@univ-grenoble-alpes.fr

Separating the different signal sources in Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) studies over large areas is challenging, especially to distinguish between long-wavelength changes in atmospheric conditions and tectonic deformations, both of which can be correlated with altitude. In this study, we focus on the 2017-2018 Slow Slip Event (SSE) that lasted for several months on the Mexican subduction interface, in the Guerrero state area (Mexico), where the permanent GPS network has a low spatial density with uneven distribution. In our study area, covering about 350x500 km, the atmospheric changes over the 2016-2018 Sentinel-1 observation period is the dominant signal in our InSAR time series, and show a complex temporal evolution. The tested weather models (ERA-I and HRES-ECMWF) fails to correct interferograms with enough accuracy. Another difficulty to retrieve the surface displacements related to the tectonic signal is a complex interplay between 3 major earthquakes (2 in September 2017 and one in February 2018), their postseismic deformation and the large slow slip event (SSE). To extract the transient SSE signal from Sentinel-1 InSAR time series we test two different approaches. The first one (parametric method) consists in a least-square linear inversion, imposing a functional form for each deformation and atmospheric components. The second approach uses Independent Component Analysis (ICA) of the InSAR time series. This method allows the data to be decomposed without a priori on the SSE signal. Both methods provide consistent results and allow the atmospheric signal to be separated without prior correction from atmospheric model. We obtain maps of surface displacements along the radar line-of-sight associated with the SSE and validate these results by comparing them with GPS time series. Using those data, we propose an inverted slip model on the subduction interface, which gives a first order constrain on the amplitude (equivalent Mw 7.2) and time evolution of the slip during this SSE.

## GEOD-7

### MAPA DE RIESGO POR SUBSIDENCIA Y FALLAMIENTO ASOCIADO MEDIANTE INSAR. CASO DE ESTUDIO: CDMX

Fernandez Torres Enrique Antonio, Cabral Cano Enrique, Solano Rojas Darío Emmanuel y Salazar Tlaszani Luis  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
enrique.30065@gmail.com

La subsidencia del terreno es un fenómeno presente en varias ciudades alrededor del mundo y en muchas ocasiones está asociado a la sobreexplotación del agua subterránea y condicionado por las características estratigráficas del área. La Ciudad de México al tener una gran densidad de población, por las características del acuífero que la subyace y depender fuertemente del agua subterránea para satisfacer su demanda, no escapa de esta situación. El campo de velocidades de subsidencia InSAR se usó para la estimación del Riesgo Socioeconómico por Subsidencia y Fallamiento asociado en la Ciudad de México. La subsidencia del terreno registra sus máximas velocidades y gradiente hacia la zona nororiental y suroccidental de la ciudad y está correlacionado con los espesores de materiales limo-arcillosos de naturaleza compresiva. Adicionalmente, al sobreponer la estimación de la vulnerabilidad socioeconómica a la magnitud de subsidencia y gradiente de subsidencia del terreno, encontramos que las zonas socioeconómicamente vulnerables de la ciudad coinciden espacialmente con las zonas de mayor velocidad y gradiente de subsidencia. A partir de la evaluación de la correspondencia entre el gradiente de subsidencia y las fallas observadas

en campo (Cenapred, 2017), se encontró una correspondencia entre la longitud total acumulada de las fallas y fracturas presentes hacia el oriente de la ciudad y las últimas 3 categorías de gradiente de subsidencia igual al 72.88%. Esto permite señalar que el gradiente de subsidencia es una herramienta valiosa para la ubicación de fallas asociadas a este proceso. Definir los intervalos de clase de la capa de gradiente de subsidencia a partir de la correspondencia con la capa de fallas y fracturas permite tener un criterio cuantitativo al señalar a partir de qué valor se puede determinar un gradiente de subsidencia alto o muy alto. Esta condición es de gran utilidad en la elaboración de los mapas de riesgo asociados a subsidencia, dado que hace posible acotar aquellas áreas de la Ciudad de México en las que el peligro vinculado al fenómeno de subsidencia es máximo, o por el contrario, aquellas zonas en las que el peligro es muy bajo o incluso nulo. De la misma manera, en este trabajo indica que el total de área afectada por las categorías intermedio, alto y muy alto para el mapa de Riesgo Socioeconómico es 119.51 km<sup>2</sup>, afectando a 1'644,421 habitantes, por lo que un importante porcentaje de la población de esta ciudad está expuesta a sufrir afectaciones a causa de la subsidencia del terreno.

## GEOD-8

### MISIÓN SATELITAL GRACE: APLICACIONES, SISMOS Y EXPECTATIVAS DE CONTINUACIÓN CON GRACE-FO

Leyva Soto Leydi Jhissel y González Ortega Javier Alejandro  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
leydijhissel2017@gmail.com

La misión satelital GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) es una asociación entre la NASA y el Centro Alemán de Investigación en Geociencias (GFZ), está conformada por dos satélites gemelos que tienen como propósito medir el campo gravitacional de la Tierra y su variabilidad temporal. Esta variabilidad se obtiene gracias al monitoreo del cambio en la distancia que separa a los satélites, en donde, los cambios se pueden asociar a variaciones estacionales y subestacionales en el ciclo continental, pérdida de hielo en los glaciares, aumento del nivel del mar, procesos de circulación oceánica, calor de los polos, terremotos, etc. Dichos fenómenos pueden observarse en los productos o datos, presentados en 3 niveles de acuerdo con su tipo de procesamiento. El objetivo de este trabajo es el de exponer algunas de las múltiples aplicaciones y el manejo de dichos datos, principalmente lo relacionado a sismos de gran magnitud, como el de Sumatra Mw 9.1 en el 2004 y el hundimiento del terreno provocado por la sobreexplotación del agua subterránea y la sequía de las cuencas hidrológicas de California en Estados Unidos. En particular, se utilizaron datos de Nivel-3 llamados Tellus, que representan cambios de masa por unidad de área, dados en unidades de altura de agua equivalente, los cuales describen los fenómenos de intereses, con ciertas deficiencias intrínsecas de la misión. Finalmente, se dará a conocer los primeros datos proporcionados por la misión de continuación GRACE-FO y las expectativas de ésta.

## GEOD-9 CARTEL

### DETECCIÓN DE ZONAS DE SUBSIDENCIA EN MÉXICO CON TÉCNICAS SATELITALES

Esquivel Ruben, Ramírez Rosio y Medrano Elise Anaís  
Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI  
ruben.esquivel@inegi.org.mx

Actualmente las técnicas satelitales, como la interferometría con imágenes de radar de apertura sintética (InSAR) y las observaciones geodésicas a través de los sistemas satelitales de navegación global (GNSS), han facilitado el estudio a detalle de las deformaciones que ocurren en el suelo debido a diferentes fenómenos. En este trabajo se presentan los resultados de la estimación de los hundimientos que afectan a diferentes regiones en México y que estarían asociados al fenómeno de subsidencia. El insumo principal de estos estudios fueron las imágenes del sensor satelital Sentinel-1, con las que se aplicó la técnica DInSAR avanzada Persistent Scatterer Interferometry (PSI) para el cálculo de los hundimientos en las diferentes zonas afectadas por este fenómeno. Los resultados de la aplicación de las técnicas de interferometría SAR fueron validados mediante el cálculo de velocidades a partir de observaciones geodésicas en estaciones GNSS.

## GEOD-10 CARTEL

### ESTIMACIÓN DEL ACOPLAMIENTO ENTRE LA DEFORMACIÓN GEODÉSICA Y SÍSMICA EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

García González Rubi Miroslava<sup>1</sup> y González Ortega Javier Alejandro<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS  
<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)  
miroslavagarcia@gmail.com

El Golfo de California es un proto-oceano sísmicamente y volcánicamente activo, debido al movimiento de placas, donde la placa Pacífico se mueve en dirección noroeste con respecto a la placa Norteamericana a lo largo de una serie de fallas transformes que unen centros de expansión. El objetivo de este trabajo es estimar el acoplamiento entre la deformación geodésica y sísmica en el alto golfo de California. Para obtener la energía liberada en la zona de estudio se recurrieron a

dos métodos, el primero de ellos fue estimar el momento sísmico ( $M_0$ ) obtenido por eventos sísmicos de  $M_w > 4$  en el alto Golfo de California, el segundo fue estimar la deformación triangular de dos polígonos conformando en sus vértices estaciones temporales de monitoreo. El primer polígono conformado por las estaciones CP13, SFBC y PENA tiene una dirección preferencial hacia el eje horizontal que el segundo polígono, con las estaciones CP13, IAG1 y PENA, muestra una dirección noroeste y una rotación de acuerdo a sus ejes principales de deformación. El  $M_0$  se comparó con el  $M_g$  (momento geodésico), estimado por la deformación triangular gracias a las velocidades GPS de las estaciones. Los resultados obtenidos cumplen con el tipo de deformación de cizalla asociado a fallas de deslizamiento.

## GEOD-11 CARTEL

### COMPORTAMIENTO DE DIVERSOS ÍNDICES GEOMAGNÉTICOS Y SOLARES LOS DÍAS PREVIOS DE DIVERSOS EVENTOS SÍSMICOS Y SU NIVEL DE RELACIÓN CON EL TEC EN LA IONOSFERA

Melgarejo Morales Angela, Vázquez Becerra G. Esteban,  
Millán Almaraz Jesús Roberto y Martínez Félix Carlos Alberto  
*Universidad Autónoma de Sinaloa, UAS*  
angelamelgarejo@uas.edu.mx

Actualmente es posible analizar y observar diversos parámetros de la atmósfera terrestre, uno de estos parámetros es el Contenido Total de Electrones (TEC), el cual puede ser derivado a partir de las señales del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Sin embargo, este parámetro se ve afectado por fenómenos externos que perturban a nuestro planeta, dichos fenómenos pueden ser estudiados a través de diversos índices geomagnéticos y solares, ejemplo de estos índices son: Dst, Kp, Ap y F10.7 a los que se puede acceder a través de la NOAA (<http://spider.ngdc.noaa.gov>). En las últimas décadas se han estudiado alrededor del mundo fenómenos físicos que anteceden a diversos eventos sísmicos, entre estos fenómenos se encuentran las denominadas anomalías ionosféricas, mismas que pueden ser observadas a través de registros de TEC. En el presente trabajo de investigación se examina el comportamiento de los índices geomagnéticos y solares de los días anteriores a una serie de eventos sísmicos ( $M_w \# 6$ ) registrados en México. A su vez, se analiza la relación entre estos índices y el TEC de los días anteriores a dichos eventos en busca de posibles anomalías ionosféricas como precursores sísmicos. Los resultados indican que todos los eventos en estudio presentan actividad geomagnética y/o solar que sobrepasa los límites considerados como calma en los días previos al sismo. Además, el nivel de relación entre el TEC y el índice Ap resalta del resto de índices. Finalmente, y en específico, fue posible observar un aumento en todos los índices solares considerados en este estudio los días previos al sismo de magnitud 8.2  $M_w$  ocurrido en septiembre del año 2017.

## GEOD-12 CARTEL

### MEDICIONES DE GRAVEDAD ABSOLUTA DE ALTA PRECISIÓN, DENTRO Y FUERA DEL LABORATORIO: CAMBIOS OBSERVADOS EN EL BLOQUE DE JALISCO (1996-2016) E IMPLICACIONES GEODINÁMICAS

Esparza Alfredo<sup>1</sup>, Arzate Jorge<sup>2</sup>, Timmen Ludger<sup>3</sup>, Schilling Manuel<sup>3</sup> y Hernández Ignacio<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, CGEO-UNAM-Juquilla y CENAM  
<sup>2</sup>National University of Mexico  
<sup>3</sup>Leibniz Universität Hannover (LUH), Alemania  
<sup>4</sup>Centro Nacional de Metrología (CENAM)  
aesparza@cenam.mx

En este trabajo se reportan los resultados de 9 mediciones de gravedad absoluta utilizando el gravímetro de caída libre FG5X-220 de la Universidad Leibniz de Hannover (LUH) en el periodo del 22 de febrero al 14 de marzo del 2016, exactamente 20 años después de la última campaña de  $g$  absoluta realizada en México. La campaña de medición inició en el Laboratorio de micro-Gravimetría (LG) del CENAM con una comparación entre los instrumentos FG5X-220 de la Universidad Leibniz y el FG5X-252 del LG, al inicio y final de la campaña de adquisición, en donde éste último operó como estación base. Además de la comparación instrumental y de la campaña de medición a los 4 sitios del Bloque de Jalisco (BJ) medidas hace 23 años por la NOAA en la región tectónicamente activa de México, también se amplió la red existente de estaciones gravimétricas de primer orden. Las cuatro estaciones de  $g$  absoluta revisitadas en el entorno del Bloque de Jalisco (BJ) se ubican en Chamela (CHA), Guadalajara (UGG), Manzanillo (MAN) y Puerto Vallarta (UGP). Adicionalmente, establecimos otra estación de primer orden en el límite norte del JB, en la ciudad de Tepic (TEP) con el propósito de incluirla en futuras campañas de medición y monitoreo de  $g$ . Las cuatro estaciones revisitadas incluyen la estación de referencia en el campus de la UNAM en Cd. de México (IGU) y el propio nivel de referencia del INEGI, en sus oficinas del Estado de Aguascalientes (AGS), además de la estación de referencia del campus UNAM-Juquilla (CGE) y la de la estación del CENAM (CEN) en el Laboratorio de micro-Gravimetría. Estas dos últimas estaciones en el Estado de Querétaro fueron establecidas con el FG5X-252 en agosto del 2015 y desde entonces constituyen bases de referencia recurrentes de primer orden. Como resultado de la comparación de las estaciones del BJ que comprende un lapso de dos décadas, se observan cambios de gravedad que varían entre  $-29$  y  $+23 \mu\text{Gal}$  respecto de los valores medidos en 1996. En

particular, los cambios observados en el valor de  $g$  en las estaciones de Chamela (CHA) y del Instituto de Astronomía de Guadalajara (UGG) son consistentes con levantamientos verticales, es decir, la variación de  $g$  es negativa, de  $-15$  y  $-29 \mu\text{Gal}$  respectivamente para el lapso completo de 20 años. En contraste, las estaciones de Puerto Vallarta (UGP) y Manzanillo (MAN), registran un incremento en  $g$  de  $+21$  y  $+23 \mu\text{Gal}$  respectivamente. En el contexto tectónico del JB el incremento en los valores de  $g$  son consistentes con la subsidencia relacionada a la extensión (rifting) en los grábenes de Banderas y de Colima respectivamente, en donde se ubican las estaciones mencionadas. La combinación de esta evidencia única con modelos de conductividad cortical y de desplazamiento horizontal nos permite establecer un modelo geodinámico robusto de la región.

Sesión regular

# **GEOHIDROLOGÍA**

Organizadores:

Alberto Arias Paz  
Alfredo Ramos Leal

## GEOH-1

## DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA REGIÓN AGRÍCOLA DEL ACUÍFERO COSTERO DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Marín Celestino Ana Elizabeth y Camargo Castro Edgar Moisés  
*Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT*  
 ana.marin@ipicyt.edu.mx

La calidad del agua de riego y su relación con el buen manejo de los recursos hídricos subterráneos, ha adquirido gran importancia en los últimos años, debido a la alta salinidad que presentan muchos acuíferos atribuido por la sobreexplotación. Un caso importante son los acuíferos costeros, que resultan doblemente afectados en regiones áridas donde dependen principalmente del agua subterránea. El Valle de Santo Domingo (VSD) es una zona árida con actividad agrícola intensiva que se abastece en su mayoría del agua subterránea. La sobreexplotación del acuífero costero ha provocado la intrusión de agua marina, favorecido por las bajas profundidades de los pozos (16 a 83 m), lo que ha afectado la calidad del agua. Este estudio tiene como objetivo caracterizar y clasificar la calidad del agua subterránea para riego y consumo humano, mediante Índices de Calidad de Agua (ICAs) y mediante el Diagrama Riverside para determinar la salinidad. Se realizó un muestreo de agua subterránea en 582 pozos de uso agrícola, y se determinaron 11 parámetros hidrogeoquímicos: conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y SAR. Para el cálculo del índice de calidad del agua para riego se usó la metodología propuesta por Meireles (2010) y por medio del Diagrama Riverside se determinó la salinidad. También se calculó la calidad del agua para consumo humano por el método de Brown (1970) y se realizó un análisis geoespacial para conocer la distribución de la calidad del agua. De acuerdo con los resultados 0.7% de los pozos presentan agua con restricción severa para su uso agrícola, por lo que se recomienda para plantas con alta resistencia a la salinidad, 15.3% se encuentran en restricción alta, recomendado para cultivos con tolerancia moderada a las sales y prácticas especiales de control de salinidad, 58% se encuentra con restricción moderada y recomendada para cultivos con tolerancia moderada a las sales y sólo 26% con restricción baja, recomendada para la mayoría de los cultivos excepto aquellos sensibles a sales. El Diagrama Riverside, muestra que la mayor parte del agua de los pozos analizados tiene alta salinidad, es apta para cultivos tolerantes y resistentes a altos niveles de sodio. Respecto a la calidad del agua para consumo 0.51% encuentra "Agua excelente", 28.35% como "Agua buena", 47.93% como "Agua pobre", 15.46% como "Agua muy pobre" y 7.73% como "Inadecuada para su consumo". De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que la mayor parte de los pozos tienen una calidad moderada, sin embargo, puede utilizarse en cultivos tolerantes a la salinidad con el propósito de obtener un mejor rendimiento. Los pozos que presentan mayor concentración de sales están cercanos a la costa y a las zonas urbanas. La determinación de la calidad del agua ayudaría a los productores y organizaciones administrativas, a destinar cada tipo de agua según el cultivo y su tolerancia a las sales, así como hacer un mejor manejo de los recursos hídricos subterráneos en acuíferos costeros.

## GEOH-2

## CHARACTERIZATION OF THE KARST AQUIFER OF YUCATAN USING SPRING MEASUREMENTS

Pacheco Castro Roger, Salles Paulo, Canul Macario Cesar,  
 Paladio Hernández Alejandro y López González José  
*Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Sisal, Yucatan, Mexico. Instituto de Ingeniería, UNAM*  
 rpachecoc@ingen.unam.mx

The Yucatan state, Mexico, encloses a large karstic aquifer, which is confined near the coast. There are places where this confinement is fractured creating sources (springs) that discharge to wetlands or shallow lagoons. Those coastal springs are important because of the freshwater ecosystems (locally known as Petenes) that develop in the surrounding areas. Also, springs are important monitoring points for karst aquifers because it can give information about the characteristics of the aquifer. Previous studies reported an interesting phenomena, during spring low tide the spring becomes a sink, reversing the flow towards the spring in the Peten channel, and potentially causing brackish water intrusion into the aquifer. In this work we will discuss the causes of this inversion, as well as the information obtained by six months of monitoring the spring discharge, water quality, measurements of hydraulic head in wells surrounding the spring. The information about the aquifer is derived by the use of chemographs and hydrographs.

## GEOH-3

## CUANTIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE CELAYA

Morán-Ramírez Janete<sup>1</sup>, Morales-Arredondo José Ivan<sup>2</sup>,  
 Armenta Hernández María Aurora<sup>3</sup> y Ramos Leal José Alfredo<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>CONACYT- Instituto de Geofísica UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>4</sup>IPICYT  
 janete.moran.ramirez@gmail.com

El área de estudio se encuentra ubicada en el Estado de Guanajuato, México, en esta región se aplicó una metodología para la identificación de mezclas de agua hidrotermal con agua dulce, favorecidas por la presencia de fallas geológicas en un valle tectónico, donde los cambios en el material geológico imprimen características químicas al agua subterránea. Se cuantifica la mezcla ternaria, utilizando elementos conservativos, otros procesos evolutivos como intercambio iónico, alteración de silicato se originan debido a estos cambios de material geológico. En la mezcla ternaria, cada uno de los miembros extremos se encuentra asociado a la litología por la que circula. El flujo local contribuye con el 71% de agua al sistema, el intermedio con el 16% y el flujo regional con 14%. Cada uno de estos flujos tiene características químicas particulares asociadas al tipo de roca con el que interactúa. Se producen tres tipos de agua, una de tipo bicarbonatada sódica por la interacción del agua con rocas volcánicas de composición riolítica, otra bicarbonatada magnésica-sódica por la interacción con rocas volcánicas de composición basáltico-andesítica y bicarbonatada cálcica debido a la interacción con rocas sedimentarias calcáreas.

## GEOH-4

## CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS EN ZONAS ÁRIDAS

Ramos Leal José Alfredo<sup>1</sup>, Morán-Ramírez Janete<sup>2</sup>, Rodríguez-Robles Ulises<sup>3</sup>,  
 Santacruz De Leon German<sup>4</sup>, Mahlknecht Jurguen<sup>5</sup> y Fuentes Rivas Rosa María<sup>6</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., IPICYT  
<sup>2</sup>Catedra Conacyt-Instituto De Geofísica, UNAM  
<sup>3</sup>Colegio de la Frontera Sur  
<sup>4</sup>COLSAN  
<sup>5</sup>Tecnológico de Monterrey  
<sup>6</sup>Facultad de Geografía, UAEM  
 jalfredo@ipicyt.edu.mx

El altiplano mexicano es una gran área que ocupa más de una cuarta parte de la superficie del territorio mexicano, está limitado al Este, por la Sierra Madre Oriental, al Sur por el Cinturón Volcánico Transmexicano y al Oeste por La Sierra Madre Occidental. La región es semiárida y su principal factor limitante es la disponibilidad de agua, debido a que la lluvia es escasa, las precipitaciones que no exceden los 400 mm/año. El presente estudio aborda los procesos hidrogeoquímicos que ocurren en acuíferos poco profundos en zonas áridas y semiáridas. En octubre de 2018, se tomaron datos hidrogeoquímicos de muestras de 25 pozos, pozos y norias. En términos evolutivos del agua subterránea, sugiere que, al principio, el proceso principal es la evaporación; en una segunda etapa, la interacción agua-roca es el proceso dominante. La presencia de altos valores de nitrato indica los problemas de contaminación antropogénica en las aguas subterráneas. También se identificó una mezcla ternaria, en la que las muestras 25, 21 y 6 son los miembros extremos. Los modelos de mezcla indican que la recarga local es el componente (C1) que más influye en el sistema, contribuye con el 70.4% del recurso, C2 con una mayor evaporación contribuye con el 11.6% y C3 con una mayor interacción agua-roca, solo contribuye con el 18% del agua en el sistema. El comportamiento isotópico indica diferentes razones para la evaporación del agua durante su infiltración, lo que da lugar a tres rutas evolutivas. Cuando una infiltración tiene un cierto retraso, hay un enriquecimiento isotópico de 18-O, que después de un aumento exponencial de 18-O, hasta un límite de 7.5 ‰, en donde la interacción agua-roca es el proceso dominante.

## GEOH-5

## ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO DE LA CUENCA DE SANTA CATARINA, SAN LUIS POTOSÍ

Torres Sonia<sup>1</sup>, Torres Hernández José Ramón<sup>2</sup>, Ramos Leal José Alfredo<sup>3</sup>, Morán  
 Ramírez Janete<sup>4</sup>, Carranco Lozada Simón Eduardo<sup>5</sup> y García Arreola María Elena<sup>6</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP),  
<sup>3</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)  
<sup>4</sup>UNAM, Geofísica  
<sup>5</sup>Instituto Politécnico Nacional, CECyT No. 17  
<sup>6</sup>Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)  
 sonia.torres@ipicyt.edu.mx

La cuenca de Santa Catarina se ubica en la Zona Media del estado de San Luis Potosí, adyacente a la cabecera municipal del mismo nombre. En esta cuenca se han identificado dos tipos de acuíferos; uno de tipo libre en material aluvial, y

uno confinado, cuya roca sello la constituye la Ignimbrita Santa María que aflora ampliamente en la región. Del acuífero libre se colectaron muestras de 13 pozos y de 1 noria; del acuífero profundo solo se colectó una muestra. Los análisis químicos de las aguas del acuífero libre, graficadas en el diagrama de Piper permite separar tres familias de aguas: Bicarbonatada-Cálcica que es predominante está distribuida en todo el valle; la familia Bicarbonatada Cálcico-Magnésica (mixta) se distribuye en el borde noreste de la cuenca; y Bicarbonatada Sódica. En el pozo del acuífero confinado la composición es Sulfatada Cálcica. En general, todas las muestras contienen bajas concentraciones de Cl 7-35 mg/L, y Na menor a 150 mg/L; solo la muestra del acuífero confinado tiene una concentración alta de sulfatos 725 mg/L, lo que sugiere que ha estado en contacto con rocas con contenido de yesos o anhidritas además de carbonatos. En general, los resultados indican que la composición del agua subterránea en esta cuencas refleja la disolución por el agua de lluvia de los minerales de carbonato y magnesio de las rocas carbonatadas de la formación del Cretácico (Formación El Abra) y de interacción de corrientes del flujo subterráneo a través de un medio granular donde sufren un proceso de mezcla en la parte norte de la cuenca. Se infiere que las aguas del tipo Ca-HCO<sub>3</sub>, y Mg-HCO<sub>3</sub> provienen del parteaguas oriental (Sierra de Álvarez) y se mezclan durante el flujo subterráneo. Las de tipo CaSO<sub>4</sub> reflejan disolución de rocas evaporíticas de la Formación Guaxcamá. Palabras clave: hidrogeoquímica, acuífero, Santa Catarina, flujos subterráneos.

GEOH-6

### EVALUACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE #13C, #18O Y #D PARA DEFINIR LA FUENTE DE NO<sub>3</sub>- Y LA TRANSFORMACIÓN DE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO EN UN ACUÍFERO UBICADO EN UNA ZONA AGRÍCOLA Y URBANA DE LA PORCIÓN ORIENTE DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE CELAYA

Morales Arredondo José Iván<sup>1</sup>, Armienta Hernández María Aurora<sup>2</sup> y Flores Ocampo Itzamna Zaknite<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM, IGf, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra  
ivanma@geofisica.unam.mx

En la zona agrícola del bajo Guanajuatense se usan grandes cantidades de agua subterránea para maximizar el rendimiento de cultivos además de un uso desmedido de la fertilización nitrogenada. Los problemas relacionados con esta dinámica en la zona de estudio se resumen en sobreexplotación, abatimiento y la presencia de fallas y fracturas, además de contaminación en distintos niveles del acuífero por compuestos nitrogenados. Según los resultados obtenidos de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, elementos químicos mayores (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>), menores y traza (B, Li, F<sup>-</sup>, As) e isótopos como #13C, #18O y #D, existen dos fuentes de contaminación antropogénica relacionada con la agricultura y con el tratamiento de agua residual, que han ocasionado que el contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> supere los valores permitidos por la NOM-127, no solamente en el acuífero somero sino también intermedio y posiblemente en el profundo. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la presencia de compuestos de nitrógeno en los distintos niveles del acuífero, identificar isotópica e hidrogeoquímicamente las fuentes, con ayuda de la interpretación de #13C, #18O así como de relaciones molares de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/B, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Li, así como las transformaciones de los compuestos de nitrógeno y los procesos relacionados con su elevado contenido en el agua subterránea, con ayuda de los isótopos #13C, #18O. Debido a las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona es de vital importancia definir adecuadamente esta información, con el fin de para evaluar si existe migración de contaminantes antropogénicos a través del medio con presencia de fallas y fracturas, ya que estas estructuras pueden ser canales de migración en la cuenca aluvial que presenta extensas capas de arcillas, y que ha sido reconocido como un medio impermeable, debido lo mismo, de hecho se ha inferido que el acuífero profundo no sufre contaminación por esta situación, sin embargo en este trabajo se observó que existe contaminación al acuífero profundo; esta información debe ser considerada ya que la presencia de nitratos en el medio pudiera poner en riesgo a la población pues la gente consume agua subterránea para todas sus actividades.

GEOH-7

### SIMULACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ACUÍFEROS CUYO PRINCIPAL USO ES EL ABASTECIMIENTO PÚBLICO URBANO. CASO DE ESTUDIO: ACUÍFERO VALLE DE JUÁREZ

Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Granados Olivas Alfredo<sup>2</sup>, Soto Ontiveros Arturo<sup>2</sup>, Hargrove William L.<sup>3</sup>, Heyman Joshua M.<sup>4</sup>, Sheng Zhuping<sup>5</sup>, Silva Hidalgo Humberto<sup>1</sup> y Socorro Espino Valdés María<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACh

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

<sup>3</sup>Center for Environmental Resource Management

<sup>4</sup>Center for Inter-American and Border Studies

<sup>5</sup>Texas A&M AgriLife Research Center at El Paso  
apinales@uach.mx

El agua subterránea en el planeta tierra es cada vez más escasa y a mediada que la población crece, aumenta también la demanda de agua, para uso público urbano.

En la zona norte de la república mexicana se localiza el estado de Chihuahua, el cual se abastece principalmente del agua subterránea, lo que ha provocado que, de los 61 acuíferos de esta región, 30 presenten un déficit en su disponibilidad. El principal usuario del agua subterránea es la agricultura, por lo que los acuíferos que presentan mayor déficit están localizados en zonas mayormente agrícolas. Sin embargo, existen algunos acuíferos como el de Chihuahua-Sacramento (CHS) y El Valle de Juárez (VJ), donde la agricultura no representa el principal usuario del agua subterránea si no el uso público urbano. Estos acuíferos presentan al año 2018 un déficit en su disponibilidad de -57.7 hm<sup>3</sup>/año para el CHS y de -86.2 hm<sup>3</sup>/año para VJ. Ambos, son una muestra de que también los acuíferos cuyo uso principal sea el abastecimiento público urbano, pueden presentar un déficit si no se administran adecuadamente. El objetivo de esta investigación fue determinar las variaciones de las cargas hidráulicas y del almacenamiento al mantener o disminuir la extracción del agua subterránea en una porción del acuífero Valle de Juárez. Para ello se construyó el modelo de una porción del acuífero, utilizando Modflow. El modelo abarca una superficie de 711 km<sup>2</sup>, comprendido entre las coordenadas WGS84 UTM Zona 13, 3'476,100 a 3'518,500 Norte y 345,500 a 383,500 Oeste. Se usaron 2 capas, 27 zonas de conductividad hidráulica y almacenamiento, 7 zonas de recarga, 196 pozos de bombeo cuyo uso principalmente es para el abastecimiento público urbano y 370 observaciones piezométricas. El modelo se construyó en estado transitorio. Una vez calibrado el modelo, se simuló las cargas hidráulicas hasta el año 2070. En el escenario 1, el bombeo se mantuvo constante y en el escenario 2, se varió el bombeo desde el año 2018 a 2070. Los resultados muestran para el escenario 1 que los pozos se abaten continuamente y la pérdida de almacenamiento alcanza los 7,793 hm<sup>3</sup>. Para el escenario 2, a partir del año 2040 se observa algunas pequeñas recuperaciones del nivel del agua subterránea en algunos aprovechamientos y a medida que avanza el tiempo hasta el año 2070, son más los aprovechamientos que presentan una recuperación. Lo anterior lo evidencia el almacenamiento, ya que a partir del año 2040 la pérdida de almacenamiento comienza a disminuir, por ejemplo, entre el año 2030 y 2040 se perdieron 818.6 hm<sup>3</sup>, del 2040 al 2050 fue de 573 hm<sup>3</sup>, del 2050 al 2060 de 205.45 hm<sup>3</sup> y finalmente del 2060 al 2070 su valor fue de -162 hm<sup>3</sup>, que corresponde a una ganancia neta del almacenamiento.

GEOH-8

### GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND FLOW MODELING OF A LOW-ENTHALPY HYDROTHERMAL RESERVOIR IN THE SOUTHEASTERN SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO

Billarent Andre<sup>1</sup>, Levresse Gilles<sup>1</sup>, Inguaggiato Claudio<sup>2</sup>, Hernández Espriú Antonio<sup>3</sup> y Ferrari Luca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, cGEO-UNAM

<sup>2</sup>CICESE

<sup>3</sup>Division de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería UNAM  
andrebillarent@gmail.com

In western Mexico several late Eocene to early Miocene grabens in the Sierra Madre Occidental show evidence of geothermal activity unrelated to any recent volcanism. This work presents the hydrogeochemical results of water collected from shallow wells (>50 m), superficial wells (<50 m) and springs throughout the Juchipila graben, Jal. y Zac. Along with the geochemical results, the geological and geophysical data were integrated and analyzed together in order to develop a conceptual and numerical flow model. Two aquifers were identified: (1) a cool (<32°C), Ca-Na-HCO<sub>3</sub>water-type, rich in NO<sub>3</sub> and (2) a thermal (32-58°C), Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>water-type, rich in Li, F and As. There are several water samples that consist of a mixture between these two groups. The relations between major ions and conservative elements such as Cl, Li and B in thermal waters show clear evidence of rock alteration and dissolution processes. Chemical geothermometers and geothermometric modeling indicate that the average subsurface reservoir temperature is in the range of 61-87°C. According to the chemistry of major ions and the H and O isotopes of the water samples, the origin of both groups of water is meteoric, with no volcanic input to the system. The isotopic data point out a unique meteoric source for both aquifers. The conceptual and numerical flow model is based on the geologic configuration of the graben, which contains fractured ignimbrites and a clastic sedimentary sequence capped by deposits of a paleo-lake. The geologic observations are supported by the geophysical interpretation of magnetotelluric data. The numerical flow model is developed in a finite element scheme within FEFLOW® and uses the hydrologic information provided by the government's weather stations and the static level measurements in the study area. Funded by grant PAPIIT IV100117

## GEOH-9

## MODELO TRIDIMENSIONAL DE HIDROFACIES DEL ACUÍFERO DE LA CIUDAD DE MÉXICO OBTENIDO MEDIANTE SIMULACIÓN SECUENCIAL INDICADOR

Morales Casique Eric<sup>1</sup>, Medina Ortega Priscila<sup>2</sup> y Hernández Espriú Antonio<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM  
ericmc@geologia.unam.mx

El acuífero de la Ciudad de México está constituido por una mezcla compleja de depósitos aluviales y rocas volcánicas subyaciendo a un acuífero compuesto por depósitos lacustres. Para caracterizar este sistema hidrogeológico heterogéneo, se construyó un modelo tridimensional de la distribución de hidrofacies utilizando registros litológicos de pozo. El análisis se basa en 111 registros de perforación con una profundidad promedio de 300 m, distribuidos en un área de 234 km<sup>2</sup>. Estos registros fueron discretizados para generar un conjunto de datos georreferenciados de 13,518 puntos asociados con las categorías litológicas registradas. Se observaron nueve categorías litológicas. Posteriormente, estas categorías fueron agrupadas en cuatro hidrofacies: A y B, agrupando categorías litológicas de baja permeabilidad (materiales lacustres y materiales volcánico-sedimentarios, respectivamente), y C y D, que agrupan categorías litológicas de alta permeabilidad (rocas volcánicas y depósitos aluviales, respectivamente). La base de datos se analizó en términos de proporción de hidrofacies en profundidad, distribución de espesores y comportamiento de los variogramas experimentales en las direcciones horizontal y vertical. Los variogramas experimentales de cada hidrofacies se ajustaron a modelos exponenciales mediante la minimización de errores de validación cruzada. La probabilidad de ocurrencia de cada hidrofacies y la distribución tridimensional de hidrofacies fueron calculadas promediando el resultado de 1,000 realizaciones obtenidas por simulación secuencial indicador. Se discute el uso potencial de este modelo para la gestión del agua, el modelado del hundimiento de la tierra y la contaminación del agua subterránea.

## GEOH-10

## MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA DINÁMICA DE METALES PESADOS EN UN ECOSISTEMA COSTERO MEXICANO

Couder-Castañeda Carlos<sup>1</sup>, Hernández-Gómez Jorge Javier<sup>1</sup>, Torres-Bejarano

Franklin<sup>2</sup>, Ramírez-León Hermilo<sup>3</sup> y Yañez-Casas Gabriela Aurora<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional / Centro de Desarrollo Aeroespacial

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad de Córdoba, Montería

<sup>3</sup>PIMAS Proyectos de Ingeniería y Medio Ambiente S.C.

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
ccouder@ipn.mx

Este trabajo describe el desarrollo de un modelo de calidad del agua bidimensional que resuelve las ecuaciones de la hidrodinámica acopladas a las ecuaciones de transporte, incluyendo los mecanismos de reacción inherentes en el proceso, lo que permite desarrollar una evaluación precisa de la contaminación en un ecosistema costero. El modelo fue desarrollado con datos de un estuario en el estado de Tabasco, México, y consiste en la interacción entre la laguna de El Yucateco y los ríos Chicozapote y Tonalá, que conectan a la laguna con el Golfo de México. Se presentan los resultados del transporte de contaminantes, enfocándose en parámetros tóxicos para los escenarios lluvioso y seco. Por ser del interés en la zona, se estudia el transporte de cuatro metales: Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo. En este trabajo, se establece el problema matemático desde cero y se resuelve numéricamente calibrándolo con datos medidos en campo. Las simulaciones desarrolladas muestran que el transporte de metales es modelado con una precisión aceptable respecto a las concentraciones totales medidas en cuatro puntos de control a lo largo del cuerpo de agua. El presente estudio además considera la geometría compleja del cuerpo de agua, viento, oleaje, entre otros parámetros importantes para la hidrodinámica de la zona. Se debe destacar que este sistema constituye un modelo de calidad del agua robusto y basado en ecuaciones diferenciales para el transporte de metales pesados, mismo que constituye una excelente opción donde se requiere conocer la distribución de solutos con alta precisión, lo que facilita la gestión ambiental, económica y social de ecosistemas costeros.

## GEOH-11

## RESULTADOS PRELIMINARES DEL USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA EL PRONÓSTICO DEL NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO DE GUADALUPE EN ENSENADA, BC, MÉXICO

Herrera Oliva Claudia Soledad, Campos Gaytan Jose Ruben y Meza Gastelum Marco Antonio

Universidad Autónoma de Baja California, UABC

cherrera@uabc.edu.mx

El acuífero del Valle de Guadalupe, en Ensenada, BC, México, es parte de la Cuenca Guadalupe; se ubica aproximadamente a 37 km de la Ciudad de Ensenada, entre

los paralelos 31°51'00" y 32°15'00" de Latitud Norte, y los meridianos 115°52'00" y 116°41'00" de Longitud Oeste. La región tiene un clima árido, cuya precipitación media anual es de 308 mm aproximadamente. La superficie acuífera que forma el Valle de Guadalupe se encuentra entre los 300 y 400 m sobre el nivel del mar, y tiene un drenaje superficial con dirección hacia el suroeste principalmente. El acuífero del valle de Guadalupe constituye la fuente principal de abastecimiento de agua para la comunidad de dicha región. De acuerdo con información piezométrica, durante la vida de explotación del acuífero del Valle de Guadalupe se han presentado variaciones cíclicas de su capacidad de almacenamiento, que reflejan un proceso de abatimientos y recuperaciones producto del comportamiento de la recarga y la extracción por bombeo. Sin embargo, durante los últimos veinte años se infiere una etapa general de evolución negativa que arroja un volumen de almacenamiento deficitario. En el presente trabajo se emplea una Red Neuronal Artificial tipo perceptrón simple para pronosticar el nivel de agua subterránea del acuífero. Una Red Neuronal Artificial es un modelo computacional que emula el comportamiento de las redes neuronales biológicas; la cual, se caracteriza por su arquitectura, que representa el patrón de conexión entre nodos, su método para determinar los pesos de conexión y la función de activación la cual determina si una neurona es activada o inhibida. Aquí se desarrollaron distintos modelos para los que se utilizaron diferentes combinaciones de los parámetros hidrogeológicos, geológicos y climatológicos como parámetros de entrada (por ejemplo: precipitación, temperatura, evaporación, recarga y descarga, en la capa de entrada); mientras que el nivel de agua subterránea se usó como capa de salida, y se seleccionó el mejor modelo de combinación de los mismos para el pronóstico del nivel de agua subterránea en el periodo 2010-2013. Los resultados obtenidos del modelo neuronal, mostraron un desempeño 10% mejor al mostrado por los resultados del tradicional y ampliamente usado modelo de diferencia finitas.

## GEOH-12

## MODELO HIDROGEOLÓGICO PRELIMINAR DEL SISTEMA GEOTERMICO GRABEN TEPEHUANES-SANTIAGO, DURANGO

Arias-Paz Alberto, Hernández-Espriú Antonio,  
Mancera-Alejandre Javier y Macías-Medrano Sergio  
Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería UNAM  
ariaspaz@unam.mx

El sistema estructural Tepehuanes – Santiago forma parte de las cuencas extensionales Basin and Range mexicano con dirección NNO-SSE, cuya investigación geológica e hidrogeológica se fundamenta por primera vez en el origen de sus indicadores termales. El acuífero Tepehuanes -Santiago forma parte de las subcuencas Río Santiago y Río Tepehuanes, los cuales escurren hacia el Río Nazas.; esta cuenca hidrogeológica tiene la particularidad de ser la única en el país que drena hacia el interior continental; situación también particular en cuanto a su modelo hidrodinámico. La fuente subterránea, está localizada tanto en la parte norte del área como de la zona sur, en forma congruente con los escurrimientos de los ríos Tepehuanes y Santiago respectivamente, cuyos volúmenes circulan en un acuífero libre a semiconfinado cuya secuencia de sedimentos clásticos continentales varían de gravas poco consolidadas a conglomerados cementados por arcilla y limo con espesores mayores a 100 metros. Se identificó también un acuífero fracturado formado por ignimbritas de varias centenas de potencia, que forman el basamento del granular y que puede identificarse en las márgenes del acuífero formando las zonas topográficamente altas en los hombros del graben. En estas localidades se identificaron manantiales termales alcanzando temperaturas hasta de 75° C perfectamente relacionados con el acuífero fracturado. Resultados preliminares y de la información disponible, resaltan el contraste termal entre las más de 150 obras subterráneas del acuífero granular de entre 20 y 25° C y con flujo preferentemente horizontal, y las observadas durante esta investigación en las descargas mediante manantiales del acuífero fracturado, cuyos volúmenes proceden de un sistema regional ascendente no evaluado. La profundidad de niveles es de 5 a 50 metros siendo los mas someros en las cercanías de los arroyos y ríos y los más profundos en las laderas hacia los bordes del graben. Debido a la demanda de agua, los niveles se profundizan en la localidad de Santiago Papasquiaro con la presencia de pozos profundos, desarrollados a más de 200 metros y con niveles dinámicos superiores a los 130 metros. No se observó mezcla de aguas, natural y termal, entre los sistemas de flujo debido a que las obras subterráneas del acuífero granular no cortaron el sistema fracturado. El acuífero granular aún garantiza la demanda de los diversos usos para la población en un sistema de baja transmisividad y con caudales instantáneos de entre 5 y 40 lps. cuyo balance subterráneo ya se encuentra en las primeras etapas del estado transitorio. Esta investigación ha sido financiada con el proyecto grupal PAPIIT IV 100117 realizado entre el Centro de Geociencias Juriquilla y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

## GEOH-13

### DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE UNA FALLA SUPERFICIAL POR ANÁLISIS ESTADÍSTICO, CASO FALLA ORIENTE

Guerrero Martínez Lilia<sup>1</sup>, Hernández Marín Martín<sup>2</sup> y Muñoz Zavala Ángel Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes  
lig2040@gmail.com

De acuerdo con varios estudios, una falla geológica se puede comportar hidráulicamente como una barrera, un conducto o una combinación de ambas. Generalmente dicho comportamiento se apoya en correlaciones gráficas de parámetros fisicoquímicos, que sugieren que cierto comportamiento hidráulico no es el mismo a lo largo de la traza de la falla sino solo en ciertas zonas. Debido a que, por falta de datos, muchas veces es difícil determinar a que obedecen tales comportamientos, la aplicación de técnicas estadísticas para el conocimiento de las situaciones actuales del agua subterránea puede ser una herramienta útil. En este trabajo, se realizó un análisis considerando algunos datos de parámetros del agua subterránea como la temperatura y los niveles piezométricos, los cuales han permitido realizar un análisis con nivel probabilístico de confianza alto a pesar de la dependencia espacial y temporal de la información, la cual, en diferentes ocasiones dificulta la organización, presentación e interpretación de las variables, y por lo tanto podría obstaculizar la comparación de los conjuntos de datos. Utilizando dicho análisis, se estudió el comportamiento hidráulico de la falla Oriente, en una zona dentro del valle de Aguascalientes, en donde los pozos cercanos a dicha falla presentan una ubicación dispersa. Se planteó una correlación gráfica y un análisis estadístico a partir de la aplicación de la prueba de hipótesis de medias sobre parámetros antes mencionados en el agua subterránea. El análisis de información muestra el impacto de una zona de falla en patrones de flujo de poco profundos (<200 m) con datos de 150 pozos dentro del valle de Aguascalientes. A través de la prueba de hipótesis, se trazaron zonas con características de barrera y conducto a lo largo de la falla Oriente, los datos sugieren que como el comportamiento no es el mismo en toda la traza de la falla sino en ciertas zonas, por lo que la falla Oriente presenta un comportamiento variado de barrera y conducto a lo largo de su traza, con un nivel de confianza del 95%.

## GEOH-14

### UNA PLATAFORMA CON LA INFORMACIÓN PRODUCTO DE LAS CAMPAÑAS DE EXPLORACIÓN PROFUNDA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Lezama Campos José Luis, Morales Casique Eric,  
Arce Saldaña José Luis y Escolero Fuentes Oscar  
Instituto de Geología, UNAM  
lezamac.jl@gmail.com

Con el objetivo de hacer mayor difusión y dar apertura a la información generada durante los trabajos exploratorios del acuífero profundo de la Cuenca de México, se hace la presentación de una plataforma digital que aloja datos geofísicos, geológicos e hidrogeológicos, resultado de los pozos profundos perforados durante el periodo de 2012 a 2018. La plataforma presenta una descripción general de cada pozo, así como una interpretación de las mediciones geofísicas y el resultado de la descripción de núcleos, muestras de recorte y la información existente sobre la calidad de agua. Además, se incluyen ligas a los trabajos de investigación y difusión derivados de esta exploración. La mayoría de estos documentos han sido publicados en revistas (tanto indizadas como no indizadas) cuyo acceso no necesita suscripción. Esta plataforma forma parte de los trabajos que el GIGIAS (Grupo Interdisciplinario de Gestión Integral de Aguas Subterráneas) realiza para dar mayor divulgación a temas de relevancia relacionada con el estudio, el uso y la gestión de los acuíferos.

## GEOH-15

### USO DE CARTOGRAFÍA DIGITAL PARA ESTIMAR ÍNDICES DE RECARGA HÍDRICA EN EL ACUÍFERO EL SAUZ-ENCINILLAS

Orozco-Rodríguez Héctor<sup>1</sup>, Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
hectororozcorodriguez@gmail.com

La gran mayoría del agua potable suministrada a la ciudad de Chihuahua proviene de fuentes subterráneas. Los tres acuíferos que proveen el agua demandada por esta Ciudad son Chihuahua-Sacramento, Tabalopa-Aldama y El Sauz-Encinillas. Actualmente estos acuíferos se encuentran condiciones de sobreexplotación. Este trabajo está enfocado en generar conocimiento mediante el uso de información cartográfica disponible (litología, uso de suelo, vegetación, modelo digital de elevación, climatología y edafológica) para determinar índices de recarga hídrica. El objetivo es determinar la zona de mayor recarga natural de agua hacia el acuífero El Sauz-Encinillas, así como comparar este índice con estudios previos realizados para determinar la recarga en dicho acuífero utilizando otras metodologías.

## GEOH-16

### ESTIMACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CICLO HIDROLÓGICO EN LA SUB-CUENCA TULMEAC-TLÁLOC MEDIANTE UN MODELO DEL BALANCE DE HUMEDAD DEL SUELO

Lezama Campos José Luis, Morales Casique Eric y Siebe Grabach Christina D.  
Instituto de Geología, UNAM  
lezamac.jl@gmail.com

La sub cuenca Tulmiac-Tláloc está ubicada en la alcaldía de Milpa Alta, al sureste de la Ciudad de México. Forma parte de la sierra de Chichinautzin y se trata de una importante zona de conservación, principalmente por su gran capacidad de recarga de agua para el acuífero de la Cuenca de México. En este trabajo se aplicó un modelo de balance de humedad del suelo para cuantificar los componentes del balance hidrológico, en particular la capacidad de infiltración, considerando las propiedades físicas del suelo, la cubierta vegetal y los registros de precipitación de las estaciones meteorológicas cercanas. Estos modelos de balance de humedad en el suelo tienen la ventaja de ser fácilmente implementados y permiten realizar inferencias sobre el comportamiento general de la recarga, así como generar escenarios con base a diferentes cambios en el uso de suelo; sin embargo, sus resultados son susceptibles a la discretización espacial del perfil del suelo, así como a la discretización temporal de los datos (paso de tiempo diario, semanal o mensual). Por esta razón se analizan las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la obtención de un balance que emule las capacidades de del suelo observadas en campo. Se presenta un estudio paramétrico y se discute el impacto de diferentes decisiones de discretización sobre el resultados de los componentes hidrológicos del balance. Los resultados del modelo permiten estimar la recarga potencial en la cuenca en estudio. Se está trabajando en la instrumentación de varios sitios en la cuenca para medir los flujos involucrados en el balance (evapotranspiración, precipitación, escurrimiento, mediciones de potencial de humedad en el perfil del suelo), lo que permitirá calibrar modelos de balance de humedad por tipo de suelo.

## GEOH-17 CARTEL

### POST-AUDITORÍA DEL MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LEÓN, GUANAJUATO CON BASE EN LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS TRAS 12 AÑOS DE EXTRACCIÓN

Hernández Hernández Mario Alberto<sup>1</sup>, Cortés Silva Alejandra<sup>2</sup>,  
Hernández García Guillermo de Jesús<sup>3</sup> y Pérez Quezadas Juan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México - Cátedra CONACYT asignado al Instituto de Geofísica

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México - Instituto de Geofísica

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México - Instituto de Geología  
malbher@igeofisica.unam.mx

El agua subterránea en extracción del acuífero del Valle de León y su vecindad inmediata está destinada para el consumo urbano, industrial, agrícola y ganadero. El crecimiento descontrolado de estas actividades ha provocado un desequilibrio en el balance hídrico, generando un abatimiento en sus niveles de 1m/año en las últimas dos décadas. El valle de León se localiza entre los límites de las provincias de la mesa central y la faja volcánica Transmexicana; estas provincias están constituidas por formaciones mesozoicas de diferentes tipos y edades que conforman el basamento de la zona. Se define como una extensa planicie compuesta por fosas tectónicas rellenas de material sedimentario clástico con formaciones volcánicas y volcánicas que conforman el sistema acuífero. En el año 2007 se desarrolló una simulación del flujo de agua subterránea planteándose tres escenarios de predicción de los niveles piezométricos: el primero evalúa el comportamiento a largo plazo, considerando el mismo régimen de bombeo que el usado en el proceso de calibración; el segundo, considera un incremento constante del 20% de las extracciones en 2 periodos (2007-2012 y 2013-2020) y el tercero, se centra en el análisis del comportamiento del acuífero al considerar una disminución en los volúmenes de extracción del 20% en cada periodo de simulación. Los resultados en las zonas del Río Turbio, León y Silao-Romita muestran que el primer escenario presenta abatimientos promedio del orden de 2, 6 y 12m (primer periodo, hasta 2012) y de 5, 12 y 25m (segundo periodo, hasta 2020). El segundo escenario reporta abatimientos para el 2012 de 5, 8 y 15m y de 10, 20 y 40m para el 2020 en las mismas zonas. Finalmente, el tercer escenario reporta abatimientos de 2, 5 y 10m para el 2012 y de 2, 7 y 15m para el 2020. El grupo de trabajo ha recopilado información piezométrica actualizada, necesaria para auditar los resultados de la simulación previa con base en los descensos obtenidos en 2018 para el caso particular del acuífero de León.

## GEOH-18 CARTEL

**CONTAMINACIÓN POR ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN LA SUBCUENCA DEL EMBALSE COINTZIO**Arroyo Sesento Luis Erick<sup>1</sup>, Villanueva Estrada Ruth Esther<sup>2</sup> y Bollo Manent Manuel<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

larroyo@pmp.unam.mx

El embalse de Cointzio, se ubica en la parte sur de la meseta central de México, a una altitud de 1990 m s. n. m. Dicho embalse suministra un 20% de agua potable a los habitantes de la ciudad de Morelia. Las actividades agropecuarias se llevan a cabo extensivamente en la subcuenca de Cointzio, las cuales han llevado a una degradación paulatina de la subcuenca, producto de su mal manejo. Otro aporte de contaminación al embalse, son las aguas domésticas sin tratar de las poblaciones de la subcuenca. La presencia de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) disueltos en agua es un serio problema de salud para los habitantes que se sirven de dichas aguas del embalse, lo cual repercute en la economía a nivel local y nacional. La ingesta de EPTs pueden causar diversas patologías que pueden manifestarse a nivel bioquímico, celular histopatológico y morfológico. Por lo antes mencionado es importante realizar un diagnóstico de la contaminación por EPTs en la subcuenca y en la presa como reservorio final. Por lo cual el presente trabajo realiza un análisis de EPTs en puntos selectos distribuidos en la subcuenca de Cointzio, así como, en agua superficial de la zona media y fondo de la presa de Cointzio, con el fin de diagnosticar el estado actual de la contaminación por EPTs. Para dicho cometido en temporada de lluvias (2019) y estiaje (2020), se tomarán muestras de agua en 15 puntos de la presa y 16 distribuidos en la subcuenca para el análisis de concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu) y plomo (Pb), así como aniones mayoritarios (Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) por espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.

## GEOH-19 CARTEL

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE EL ANÁLISIS JERÁRQUICO DE CAPAS TEMÁTICAS EN UNA SUBCUENCA DE LA ZONA HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE DE TECAMACHALCO, PUEBLA**

De la Cruz Celis Paul Ricardo y Delgado Ayala Daniela

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

pauldlc.igf@gmail.com

Los estudios de exploración directa para la localización de aguas subterráneas se suelen realizar sin tener un potencial de existencia de las mismas. El uso de técnicas remotas para localización de aguas subterráneas ayuda a la delimitación de zonas con alto potencial de exploración. Trabajos como el presente se han realizado en varias partes del mundo, proporcionando resultados positivos. La información geográfica y geológica que se usó en la elaboración del mapa del índice de potencial de aguas subterráneas (GWPI), se obtuvo de fuentes de libre acceso como INEGI, CONAGUA y SGM, así como los modelos de elevación e imágenes LANDSAT 8 provistas por el USGS. La subcuenca estudiada se encuentra en la parte central del estado de Puebla, dentro de la zona hidrogeológica del Valle de Tecamachalco (ZHVT) en la que se ha reportado una sobreexplotación del 218.3% (CONAGUA, 2018). El objetivo principal del trabajo fue determinar las áreas con mejor potencial de aguas subterráneas y obtener un mapa de índice de potencial de aguas subterráneas (GWPI) de la subcuenca estudiada. Para lograrlo, fue necesario generar las siguientes capas temáticas: permeabilidad de las unidades litológicas que afloran (Pm), precipitación (Pc), índice normalizado de vegetación (NDVI), pendiente del terreno (Pt), densidad de drenaje (Dd) y profundidad del nivel estático (PNE). Las capas temáticas cuentan con pesos normalizados asignados, los cuales representan la importancia que tiene cada capa para calcular el GWPI, siendo la capa de permeabilidad la que cuenta con mayor peso normalizado. El índice que se obtuvo muestra que la zona con mayor potencial se encuentra en la región norte de la subcuenca, perteneciente al municipio de Tepeaca. El índice de potencia de aguas subterráneas (GWPI) de la subcuenca estudiada es cualitativo y se encuentra en una escala desde muy alto hasta muy bajo. El mayor porcentaje de área (65%) corresponde a un índice de potencial medio de contenido de aguas subterráneas.

## GEOH-20 CARTEL

**CLIMATE CHANGE SCENARIOS USING NON-PHYSICAL RELATIONSHIPS FOR GROUNDWATER IN COASTAL KARSTIC AQUIFERS**Canul Macario Cesar<sup>1</sup>, Pacheco Roger<sup>1</sup>, Salles Paulo<sup>1</sup> y Hernández-Espriú Antonio<sup>2</sup><sup>1</sup>LIPIC Instituto Ingeniería UNAM<sup>2</sup>Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM

ccanulm@iingen.unam.mx

Coastal aquifers are characterized by the interaction between the aquifer and the sea, defining a mixing zone of saltwater-freshwater. Thus, coastal aquifers have a strong synergy with hydrological forcings, such as astronomical and storm tides,

aquifer recharge and pumping effects. These forcings govern the aquifer head, the spatial distribution of groundwater salinity and the saline interface position. This work is a numerical relationship between aquifer head and groundwater salinity associated with the sea level dynamics and the aquifer recharge. Precipitation, pressure, temperature, and salinity data were used for the analysis, the data was collected in the northwest coast of Yucatan during May 2017-May 2018 period. The results show that the aquifer head and salinity have a positive correlation with sea-level elevation. The precipitation and vertical recharge show a weak correlation with the aquifer head and the groundwater salinity. These numerical correlations and the sea level rise scenario, caused by climate change, suggest an increment in the aquifer head, and a shallower saline interface in the study zone. Results indicate that the study zone may be affected by the increase of flooding areas and an increment on groundwater salinity. Seawater intrusion in coastal aquifers similar to Yucatan is associated with an increment in the salinity levels of the water supply from populations as well as an increase in household economy costs, ecological damages to ecosystems and depletion of population health. Therefore, it is important both for people and stakeholders to prepare for such affectations.

## GEOH-21 CARTEL

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN EL ACUÍFERO DE VILLAGRÁN Y SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS CON EL MÉTODO AVI OCUPANDO INFORMACIÓN GEOFÍSICA**Cuéllar Elisa<sup>1</sup>, Morales Arredondo José Iván<sup>2</sup> y Pérez Calderón Daniel Armando<sup>2</sup><sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

cuellar.igf@gmail.com

Las metodologías para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea surgieron desde 1987 y son una herramienta útil para identificar zonas, que de acuerdo a sus características hidrológicas, pueden ser propensas a la contaminación antropogénica. Dichas metodologías se han ido adaptando buscando ser más representativas de sitios con características particulares (p. ej. ambiente karstico). En México estas metodologías se han aplicado no solo para delimitar zonas vulnerables, sino también para la identificación de fallas. Ejemplo de esto es el estudio realizado en el municipio de Salamanca, en el estado de Guanajuato, donde se obtuvieron resultados favorables en cuanto a la aplicación de los métodos DRASTIC y AVI. Debido a las características geológicas que dominan en el Bajío Guanajuatense y a las actividades humanas que se desarrollan en toda la zona (sector agropecuario), se realizó una evaluación de la vulnerabilidad en la porción oeste del Acuífero del Valle de Celaya, que comprende los municipios de Villagrán y Juventino Rosas en el estado de Guanajuato, zona que presenta un importante fallamiento tectónico, producto de la formación de las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico, la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó el método Acuífero Vulnerability Index (AVI) que considera solo dos variables: espesor y conductividad hidráulica de cada capa sedimentaria que se encuentre por encima del acuífero. Una limitante que se encontró durante la recopilación de datos y que dio pauta a este trabajo fue la falta de información de cortes litológicos de pozos de agua subterránea, ya que eran insuficientes para realizar el estudio, además de que tenía algunas inconsistencias desde la adquisición de los cortes. Para mejorar los resultados de este trabajo se propuso el uso de información geofísica de estudios realizados previamente en la zona, los cuales fueron proporcionados por la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG). En total se contó con 42 cortes litológicos y 39 Sondeos Eléctricos Verticales (SEVS) y Transitorios Electromagnéticos en el Dominio del Tiempo (TEMS) para cubrir un área de 557#Km<sup>2</sup>. La interpretación de la información geofísica se realizó asociando a unidades geoeléctricas definidas en estudios previos y correlacionando con los cortes litológicos y algunas secciones geológicas encontradas en la zona. Esto permitió definir la profundidad del acuífero, así como el espesor y la litología de cada estrato. De esta forma se lograron determinar mejor las zonas vulnerables a la contaminación, teniendo una mayor resolución en las cabeceras municipales, donde existe más información, y en algunos casos fue posible identificar sitios con presencia de fallas. El mapa de vulnerabilidad obtenido servirá para identificar zonas susceptibles a la contaminación a escala regional, además es un primer estudio que pudiera dar pauta a proyectos para disminuir y prevenir la contaminación o para mejorar la información adquirida con el fin de tener una mejor gestión del acuífero. Es pertinente planear una red de monitoreo y proponer desarrollar campañas de prospección geofísica para tener mayor información sobre el entorno hidrogeológico.

## GEOH-22 CARTEL

**PELIGROSIDAD HIDROLÓGICA Y GEOFÍSICA APLICADA A DISEÑO DE ESTRUCTURA DE INFILTRACIÓN**

Obeso Cortez Griselda Janeth y Dena Ornelas Oscar Sotero

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

gocortez@gmail.com

Se realizaron estudios geofísicos de tomografía eléctrica resistiva con el propósito de tener la factibilidad de una obra de regulación en la parte sureste de la Sierra de Juárez, para recarga del acuífero. Además se determinaron gastos, capacidades, tirante hidráulico y velocidad de caudal, mediante el software HMS y la modelación

Bidimensional IBER, de escurrimientos provenientes de la sierra en el arroyo Las Huertas con lo cual se mitiga los riesgos de inundación en las unidades habitacionales Safari, Oasis Revolución, La Presa, Pancho Villa y Oscar González. Una vez analizada la hidrología de la micro-cuenca, se han aplicado técnicas electromagnéticas y geoeléctricas para determinar los paquetes litoestratigráficos y diseñar una estructura de infiltración dentro de la obra de regulación, y determinar la peligrosidad hidrológica en el análisis de la canalización para descarga en el canal existente sobre el lado poniente de la Avenida Juan Gabriel en Cd. Juárez, Chih.

#### GEOH-23 CARTEL

### GEOFÍSICA APLICADA AL DISEÑO CIVIL, ARQUITECTÓNICO Y DE RECARGA DE ACUÍFERO PARA OBRA DE REGULACIÓN EN CIUDAD JUÁREZ

Dena Ornelas Oscar Sotero y Ibañez Hernández Oscar Fidencio  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ  
osdena@gmail.com

El desalojo de escurrimientos a través de conducciones es una alternativa poco viable dado los niveles topográficos existentes entre las plantillas del vaso Parque Central y el canal Dren 2-A, en Cd. Juárez, Chih. Sin embargo, la recarga artificial al acuífero es una opción viable si se considera que, en lo general, el escenario geológico corresponde, conforme a la clasificación propuesta por Hawley et al., (2001), a litofacies de relleno de cuenca (aluvión) conformadas por arenas graduadas y gravas principalmente, pero con posibilidad de arcillas limosas entreveradas en el paquete estratigráfico, así como la presencia de materiales de arrastre de tamaño de partícula fina compactados, que constituyen la capa más superficial y que han reducido notablemente la capacidad de infiltración natural al subsuelo. No obstante, lo anterior, el sistema de recarga debe ser no solo una opción viable, sino una alternativa hidráulica sustentable y sólida para el manejo del exceso de escorrentías, por lo que debe evaluarse a detalle la capa de materiales que conforman el aluvión y el relleno superficial para definir si esta ubicación geográfica en particular, cuenta con el potencial para absorber, transitar o acumular las excedencias de lluvia de esta cuenca. Para ello se aplicaron técnicas geofísicas de tomografías eléctricas resistivas y sísmica de refracción, para la caracterización del subsuelo que proporciona elementos de juicio suficientes sobre el escenario geológico que conforma el subsuelo de la obra del vaso Parque Central su talud y la estructura de infiltración para recarga.

#### GEOH-24 CARTEL

### EFFECTOS DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO EN EL ACUÍFERO TEPEACA, PUEBLA

Honorato Luna Paloma y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCO-BUAP  
palomahluna@gmail.com

En las últimas dos décadas se ha observado una disminución progresiva en los niveles estáticos (NE) de los principales pozos de agua en el sistema acuífero Valle de Tecamachalco, al cual pertenece localmente el acuífero de Tepeaca Puebla. Tal abatimiento en forma frecuente se ha asociado con las variaciones de precipitación y los volúmenes de agua utilizados en la agricultura de las zonas de riego del Valle (e. g., Tepeaca, Acatzingo, Felipe Ángeles, Tecamachalco, etc.). Sin embargo, en toda la región el Cambio del Uso del Suelo asociado con el incremento en su población, ha reducido de forma severa las potenciales zonas de recarga efectiva. En esta investigación, se presenta el estudio espacio-temporal de la pérdida de zonas de recarga efectivas en la sub-cuenca de Tepeaca, la cuantificación del cambio del uso del suelo de agrícola-forestal a uso urbano-industrial, cuantificado a partir de una clasificación no supervisada sobre imágenes LANDSAT 5, 7 y 8, sobre las clases: forestal, agrícola, y urbano-industrial. El resultado de este estudio ha permitido observar un incremento sustancial de la zona agrícola en un 75 % durante los últimos 20 años, en cambio la zona urbano-industrial creció cerca de un 250 %, disminuyendo las zonas de recarga efectiva asociadas a zonas forestales. Palabras clave: nivel estático, acuífero, zona de recarga, abatimiento, Valle de Tecamachalco

#### GEOH-25 CARTEL

### BALANCE HÍDRICO DE VILLAHERMOSA, TABASCO

Montejo Daniela y Angulo Córdova Quintiliano  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
danieliam2504@gmail.com

Existe una gran importancia de cuantificar el balance hídrico (BH) superficial, para buscar los equilibrios entre las necesidades antropogénica y del ecosistema natural. El recurso hídrico es afectado por el excesivo consumo humano, dañando cada vez más su cantidad y calidad. Las alteraciones en el régimen del Balance Hídrico tales como el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, la deforestación, el incremento de urbanizaciones y el tema del Cambio Climático crean cambios drásticos en el comportamiento espacial y temporal de la precipitación, temperatura y caudal del Balance Hídrico. Por ello es necesario tomar las medidas necesarias, como la regulación del uso del agua a través de mecanismos de planificación normativas y leyes que permitan su protección y su distribución en

forma racional. El presente trabajo consiste en el estudio del balance hídrico, con el objeto de definir épocas y regiones con déficit o exceso de humedad. Lo cual es necesario para determinar el estado actual de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico para que permita establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del recurso o planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros. Conociendo las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, podemos estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. Se seleccionó una estación de la ciudad de Villahermosa, con datos de Temperatura (°C), Humedad relativa (%), Precipitación y Evaporación (mm), Presión (mb), Viento (m/s) y Fenómenos Espaciales (días) que son datos promedios mensuales del periodo de 1981 al año 2000. Conocer el régimen hídrico de una región tiene valiosas aplicaciones en diversas áreas. Una de las mejores maneras de conocer dicho régimen es por medio de un Balance Hídrico Climático (BHC). Este concepto se introduce para referirse a las entradas y salidas de agua por lluvia (PP) y evapotranspiración (ET) en un sistema, lo que implica conocer la humedad disponible en el suelo. Al aplicar el principio de conservación de la materia en la zona radical de los cultivos es posible saber el exceso o déficit a lo largo de una temporada.

#### GEOH-26 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL TRAMO OESTE DEL ARROYO TOTOLAPA, VERACRUZ

Cruz Vazquez Yolanda y Salinas Ramirez Salmal Jaaziel  
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC  
yolandav44@gmail.com

Recientemente en la localidad de Totolapa, Veracruz se ha tratado de concientizar respecto al mal uso de los sistemas hidrológicos, específicamente en su afluente principal el arroyo Totolapa, dada la importancia del recurso hídrico proveniente de tal arroyo, para el uso cotidiano de la localidad, resulta importante conocer las características físicas y químicas del afluente para iniciar una planeación de una posible solución ante este problema, ya que existen zonas contaminadas y no contaminadas, teniendo en cuenta su flora y fauna. El desarrollo de la urbanización en los últimos años ha causado un aumento en la demanda de los recursos hidrológicos y lamentablemente el creciente impacto debido al mal uso de este recurso. En el municipio de Tihuatlan atraviesa el cauce del río Cazonos y arroyos como el Totolapa, Tecoxtempa, Las Cañas y Zapotal Santa Cruz.

#### GEOH-27 CARTEL

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES DEL EJIDO RICARDO FLORES MAGÓN, TIHUATLÁN, VERACRUZ

Mayorga Tellez Alberto y Reyes Marquez Emilio  
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, ITSVC  
peligraso142@gmail.com

El Ejido Ricardo Flores Magón es una comunidad perteneciente al municipio de Tihuatlán, Veracruz, el cual ha tenido grandes avances en su urbanización como comunidad, trayendo con esto empresas que pueden generar algún foco de contaminación, por este motivo, se realizarán sondeos de pozos en esta localidad, los cuales son una de las principales fuentes de agua para uso personal, pero se desconoce su calidad, es decir, si las aguas tienen algún tipo de contaminante que pueda perjudicar la salud de la población y de los animales que pudieran consumir de esta agua. Con este estudio se pretende determinar la calidad de agua de pozos, para determinar si esta puede ser usada con diferentes propósitos, su posible nivel de contaminación que presenten, dejando así la responsabilidad a las autoridades las cuales tomaran las medidas correctas para una posible solución a este problema. El agua utilizada en la comunidad tiene diversos propósitos, por lo que es importante saber cuáles son sus condiciones y en base a ello, tomar las medidas pertinentes o descartar su uso para ciertas actividades. Una mala calidad puede conllevar a problemas graves que dañen la salud en un periodo de corto o largo plazo, tanto para la población como para la flora y fauna, incluyendo la actividad ganadera de algunos pobladores

#### GEOH-28 CARTEL

### MODELADO DE VARIABLES HIDROLÓGICAS DE LA PORCIÓN NOROESTE DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA RH24I "RÍO BRAVO – CIUDAD JUÁREZ"

Esquivel Herrera Katya<sup>1</sup>, Durán Rangel Miguel Orlando<sup>1</sup>, Salazar González Carolina<sup>1</sup>, Saul Solís Sergio<sup>1</sup>, Granados Olivas Alfredo<sup>1</sup>, Ahn Sora<sup>2</sup>, Sheng Zhuping<sup>2</sup> y Mirchi Ali<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
<sup>2</sup>Texas A&M AgriLife Research  
<sup>3</sup>Oklahoma State University  
al132138@alumnos.uacj.mx

La sobreexplotación continua al acuífero transnacional del Bolsón del Hueco, que incluye la cuenca hidrográfica mexicana RH24I, ha llevado a una disponibilidad

hídrica limitada. Considerando el contexto climático de la región y que al menos tres comunidades fronterizas dependen en gran medida de este, es necesario cuantificar dicha disponibilidad para alcanzar un manejo sustentable. Como parte del proyecto binacional "Sustainable water resources for irrigated agriculture in a desert river basin facing climate change and competing demands: From characterization to solutions", se han desarrollado modelos de balance hídrico para la región de Ciudad Juárez y el distrito de riego del Valle de Juárez correspondientes a la porción noroeste de dicha cuenca. Alrededor de 100 modelos fueron desarrollados aplicando la secuencia metodológica del paquete computacional SWAT (Soil and Water Assessment Tool), el cual genera modelos a pequeña escala de cuencas hidrográficas para simular la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea, predecir el impacto ambiental del uso de suelo, de la administración de la tierra y del cambio climático (TAMU, 2012). Los modelos permiten realizar análisis a partir de la generación de unidades de respuesta hidrológica (HRU) únicas a partir de combinaciones de un mismo uso de suelo, tipo de suelo y pendiente del terreno. De estos modelos, 20 se realizaron manteniendo las condiciones históricas para series de tiempo anual en intervalos de 5 años, de 1995 a 2070, incorporando escenarios de cambio climático; se consideró el uso de suelo correspondiente a cada año, datos climatológicos, edafológicos, aportaciones antropogénicas y naturales al sistema. Adicionalmente, se generaron 80 modelos con modificaciones en las políticas de manejo de aguas residuales tratadas con diversos objetivos, incluyendo: la disponibilidad agrícola, la creación de humedales con servicios ambientales y, en particular, estimaciones de recarga al acuífero. Todo lo anterior se realizó con el objetivo de establecer el impacto potencial en el balance hídrico del área de estudio. Se consideraron como variables de interés la evapotranspiración, evapotranspiración potencial y la recarga al acuífero. Como resultado se integraron mapas anuales de distribución espacial de cada variable, así como gráficas de variación temporal de estas mismas y se analiza la viabilidad de las soluciones planteadas. Se plantea en un futuro realizar una integración con un modelo de aguas subterráneas.

#### GEOH-29 CARTEL

### ESTUDIO AEROMAGNÉTICO DE LA REGIÓN DE TEPEACA, PUEBLA

Honorato Luna Paloma y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCo-BUAP  
palomahluna@gmail.com

La geología del sur de México presenta rasgos estructurales complejos, que son el resultado de distintos eventos tectónicos mayores; muchos de estos rasgos estructurales (e. g., fallas geológicas) se encuentran sepultados por grandes cantidades de cenizas en numerosas localidades y municipios cercanos a los límites de la Faja Volcánica Transversal Mexicana (FVTM). En el municipio de Tepeaca, estado de Puebla, el conocer la posible existencia de estas estructuras de carácter local o mayor, es crucial para entender la dinámica de las aguas subterráneas y la evolución de los fluidos, ya que actualmente el acuífero de Tecamachalco (al cual pertenece Tepeaca) se encuentra bajo estrés hídrico severo. Ya que la modelación hidrogeológica requiere del conocimiento de la geología a profundidad, pero también de su distribución espacial y geometría, en esta investigación se han evaluado, procesado e interpretado los datos aeromagnéticos disponibles en la carta del Servicio Geológico Mexicano E14-B54 escala 1:50000, para establecer las estructuras de carácter mayor (e. g., fallas, intrusivos) que pueden existir sepultados en la región de Tepeaca, Puebla. Los resultados muestran 3 dominios principales y 2 lineamientos que no se asocian con algún rasgo geomorfológico superficial.

#### GEOH-30 CARTEL

### ESTUDIO AEROMAGNÉTICO DE LA SUB-CUENCA NEXAPA, ESTADO DE PUEBLA

García Cruzado Sergio Armando y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCo-BUAP  
sergioarmando017@gmail.com

Sergio Armando García Cruzado & Ignacio Muñoz Máximo sergioarmando017@gmail.com, imunozcp@gmail.com Área de geociencias aplicadas, sustentabilidad ambiental y ordenamiento territorial, Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento (DITCo). Benemérita universidad Autónoma de Puebla (BUAP). La sub-cuenca del Nexapa se localiza en la región hidrológica número 18 Río Balsas, cuenca del Atoyac (CONAGUA). El estudio aeromagnético permite cuantificar las variaciones del campo magnético local, es complementario de otros métodos geofísicos terrestres (e. g., prospección eléctrica, SEVs), sin embargo, es poco utilizado en la exploración hidrogeológica, a pesar de ser una valiosa herramienta en regiones, donde las campañas de exploración terrestre deben ser guiadas de forma sistemática. El contar con información referente a las estructuras de carácter mayor de la sub-cuenca de Nexapa, es crucial para determinar el manejo del territorio, no solo por el potencial riesgo geológico asociado con el volcán Popocatepetl, sino, además, es la principal zona de recarga del acuífero del Valle de Puebla. En esta investigación, a partir del procesamiento de datos de las cartas aeromagnéticas de Atlixco e Izúcar de Matamoros (E14-B52 y E14-B62) del Servicio Geológico Mexicano (SGM) aplicando los filtros de reducción al polo, derivada vertical y señal analítica; se han identificado 2 principales dominios aeromagnéticos (DAM) y 7 potenciales lineamientos, que sugieren la presencia de

fallas geológicas sepultadas, cuerpos intrusivos y el cambio litológico entre depósitos sedimentarios y rocas ígneas.

#### GEOH-31 CARTEL

### GEOLOCALIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE RESPUESTA HIDROLÓGICA (HRUS) EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE TEHUACÁN, ESTADO DE PUEBLA

Pérez Avila Karla y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCo - BUAP  
karlapera@outlook.com

La modelación y simulación de sistemas acuíferos son una poderosa herramienta, para la evaluación del recurso hídrico. Sin embargo, durante las últimas dos décadas muchos de los esfuerzos se han encaminado en generar nuevos modelos matemáticos (muchas veces de forma innecesaria) que permitan la modelación y simulación numérica de diversos acuíferos del país, pero uno de los grandes abismos ha sido el de hacerlo de forma integral, es decir, modelar de manera conjunta, el agua superficial y subterránea, considerando a la recarga como el conector de ambos modelos. La introducción de las unidades de respuesta hidrológica (HRUs) permite la representación de un comportamiento hidrológico similar en cada una de las unidades, lo cual facilita su modelación y distribución espacial, asociado al uso del suelo y distintas temáticas que permiten determinar las zonas de recarga efectiva y no solo de infiltración en un sistema acuífero. Estas unidades de respuesta hidrológica (HRUs) sirven como base en la discretización de capas ráster o vectoriales que involucran información de suelos, uso del suelo, pendientes, elevación, etc. En esta investigación, se han identificado las unidades de respuesta hidrológica (HRUs) a partir de la información temática disponible, para el acuífero del Valle de Tehuacán, el cual se encuentra en estrés hídrico y una disminución anual en los niveles estáticos, pérdida de manantiales y un incremento en la demanda del vital líquido, asociado con el incremento poblacional. Esta información es crucial en el manejo del territorio (presente y futuro) así como en la toma de decisiones sobre los recursos hidrológicos del Valle de Tehuacán, Puebla.

#### GEOH-32 CARTEL

### MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE PUEBLA

Muñoz Ignacio<sup>1</sup>, Bustamante Angel<sup>2</sup> y Rubio Efrain<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento - BUAP, DITCo-BUAP  
<sup>2</sup>COLPOS  
<sup>3</sup>DITCo - BUAP  
imunozcp@gmail.com

El sistema acuífero Valle de Puebla-Alto Atoyac es la principal fuente de abastecimiento de agua del área metropolitana del Valle de Puebla. La disponibilidad del recurso hídrico del sistema ha sido presionada por el crecimiento poblacional y el continuo cambio del uso del suelo. Como consecuencia, la disponibilidad de agua por habitante ha disminuido asociado con el continuo abatimiento del sistema acuífero. En esta investigación, se han integrado los modelos SWAT y MODFLOW para simular la dinámica espacial y temporal del sistema acuífero. También se ha incorporado el cálculo de HRUs asociado con el cambio del uso del suelo de agrícola-forestal en urbano-industrial, con el uso de imágenes LANDSAT entre 1985 y 2014. Los resultados sugieren que de seguir la tendencia actual se tendrá una disminución promedio de 0.99 m/año en el acuífero al 2019 y de continuar dicha tendencia se tendría una disminución progresiva al año 2030 de 1.37 m/año, condenando este sistema acuífero.

Sesión regular

# **GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO**

Organizador:

Javier Arellano Gil

## GP-1 CARTEL

### ESTIMACIÓN NUMÉRICA DE PROPIEDADES PETROFÍSICAS UTILIZANDO CAMINATAS ALEATORIAS EN MICROGRAFÍAS: APLICACIÓN EN ROCAS DE ARENISCAS

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

El estudio de las propiedades físicas (porosidad, tortuosidad y permeabilidad) en medios porosos, resulta de gran interés para disciplinas como las Ciencias de la Tierra, y la medición de estas puede ser compleja y costosa. En este trabajo se desarrolló un modelo computacional para estimar la porosidad, la tortuosidad, a partir de secciones delgadas de rocas de areniscas, combinando el estudio de imágenes petrográficas, la simulación numérica de caminatas aleatorias, experimentos de laboratorio y resultados analíticos. El modelo propuesto representa una contribución complementaria a las técnicas que actualmente se utilizan para estimar estos parámetros, es de bajo costo y se utilizó principalmente software bajo Licencia Pública General (GPL). Para este trabajo se utilizaron núcleos de rocas de areniscas y a partir de estos se elaboraron láminas delgadas impregnadas con resina epóxica en color azul para destacar la porosidad. Posteriormente se adquirieron micrografías con microscopio electrónico de luz polarizada y se procesaron con algoritmos programados en el lenguaje de programación R. Se programaron caminatas aleatorias a través del medio poroso simulando partículas en movimiento de tipo browniano y a partir de estas simulaciones se pudo estimar la porosidad, tortuosidad y permeabilidad. Los resultados fueron validados con modelos fractales, resultados experimentales y publicados.

## GP-2 CARTEL

### ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLERO EN EL CINTURÓN PLEGADO PERDIDO EN AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO NORTE

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

El Cinturón Plegado Perdido (CPP) se ubica en el Golfo de México, en aguas profundas de México y Estados Unidos. Está formado por la franja de pliegues orientada de noreste a suroeste conformada de un núcleo salino autóctono y están armados en un paquete sedimentario que va desde el Jurásico Superior hasta el Terciario. El CPP, se localiza al oriente de la Provincia Geológica Salina del Bravo y se caracteriza por presentar un estilo de pliegues y fallas inversas orientadas de suroeste a noreste, que despegan en la sal autóctona jurásica. Este cinturón plegado se asocia a la compresión y al mecanismo de inflación de la sal originado por la tectónica gravitacional ocurrida al occidente del área, en la Provincia Petrolera Burgos, durante el Oligoceno-Mioceno (Cruz et al., 2010). Las trampas de este cinturón son grandes estructuras anticlinales (con áreas de 100 a 250 km<sup>2</sup>) nucleadas por sal, alargadas (más de 40 Km) y apretadas, con tirantes de agua de entre 2,000 y 3,500 m. El cinturón de pliegues se extiende hacia la parte estadounidense del Golfo de México, en donde se han realizado varios descubrimientos importantes de aceite entre los que se encuentran Baha, Trident, Great White, Tobago, Silvertip y Tiger. La sección mesozoica y del Paleoceno se encuentra en la ventana de generación y el tipo de hidrocarburo esperado es principalmente aceite ligero. Las rocas almacenadoras esperadas son areniscas turbidíticas terciarias de complejos de canales y abanicos submarinos depositados en esta zona como sistemas de nivel bajo y, en menor grado, en calizas fracturadas mesozoicas de aguas profundas (Fiduk et al., 1999; Guzmán, 1999; Trudgill et al., 1999; Patiño et al., 2003; Holguín et al., 2005; Yu et al., 2007). Se identificaron los elementos del sistema petrolero presentes en la columna sedimentaria para el área del CPP.

## GP-3 CARTEL

### ELEMENTOS DE UN SISTEMA PETROLERO Y ANÁLOGOS PARA LA SEDIMENTACIÓN Y DEFORMACIÓN ASOCIADO AL DIAPIRISMO SALINO EN LA CUENCA LA POPA

Oliva Zavala Monica, Montalvo Arrieta Juan Carlos y Jenchen Uwe  
*Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, FCT, UANL*  
 monica.olza@gmail.com

La Cuenca La Popa es una cuenca sedimentaria de 2000 km<sup>2</sup> localizada al noreste de la Cuenca Sabinas y al Sur de la Cuenca de Parras a 75 km al noroeste de Monterrey, Nuevo León. El núcleo de muchos de estos anticlinales es de yeso y anhidrita de la Formación Jurásica Minas Viejas. La cuenca es considerada una secuencia halocinética ya que presenta sucesiones relativas de estratos crecientes que son influenciados por el movimiento extrusivo de la sal y que son enlazados por encima por discordancias que se transforman de disconformes a conformes a lo lejos del diapiro. Por otro lado, el sistema petrolero abarca los componentes geológicos y los procesos necesarios para generar y almacenar hidrocarburos; esto

incluye una roca generadora madura, un trayecto de migración, una roca yacimiento, una trampa y un sello. En la Cuenca de la Popa afloran de forma única elementos del sistema petrolero que forman análogos para trampas petroleras asociadas a diapirismo, como el caso del Golfo de México, Golfo Pérsico, entre otros. En este trabajo mostrar nuevos aspectos sobre el desarrollo del sistema petrolero en esta cuenca.

## GP-4 CARTEL

### CORRELACIONES DE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE ANÁLOGOS A YACIMIENTOS NATURALMENTE FRACTURADOS

Matías Pérez Víctor, Rodríguez Ledezma Armando y Flores Cano José Valente  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL*  
 yeitoxiti@yahoo.com.mx

Se presentan correlaciones de porosidad y permeabilidad absoluta de muestras de rocas provenientes de la Formación Cupido en el noreste de México y que son análogas a las de yacimientos naturalmente fracturados. Este tipo de correlaciones permiten caracterizar y comprender de una manera concisa al yacimiento desde un punto de vista estático y dinámico.

## GP-5 CARTEL

### IMPORTANCIA DE LOS MAPAS DE CONTORNOS ESTRUCTURALES EN LA CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA DE YACIMIENTOS PETROLEROS Y PARA REALIZAR EL CÁLCULO DE RESERVAS POR EL MÉTODO DE LAS ISOPACAS

Arellano Gil Javier, Barragán Gasca Fanny Astrid y Arcos Hernández José Luis  
*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*  
 arellano@unam.mx

Los mapas de contornos o configuraciones estructurales, las isopacas y las secciones geológicas proporcionan información relevante para conocer la geometría, tamaño, orientación, profundidad y distribución de las trampas con hidrocarburos dentro de una cuenca petrolera, lo que forma parte de la caracterización estática de yacimientos, que junto con la litología, las propiedades petrofísicas, los fluidos y sus espesores, entre otras características, permiten realizar con alto nivel de certeza el cálculo de reservas de aceite y/o gas, como las que se han obtenido de numerosos yacimientos de las cuencas petroleras del sureste mexicano. Las reservas de hidrocarburos son de importancia vital en un proyecto de inversión, porque de ellas dependen gran parte de las actividades posteriores al descubrimiento de un yacimiento. Inicialmente se calcula el volumen original, posteriormente se realiza la estimación de la fracción de ese volumen que es posible extraer en condiciones económicas y con protección al medio ambiente (reservas), los procesos de explotación, el diseño y operación de las instalaciones de producción y refinación, la distribución, la comercialización, etc. La determinación del volumen original se puede hacer mediante varios procedimientos de ingeniería, que se clasifican en dos grandes grupos: métodos volumétricos y métodos de balance de materia. El método de isopacas pertenece a los métodos volumétricos, con el cual se calcula inicialmente el volumen de roca del yacimiento, posteriormente el volumen original de hidrocarburos a condiciones in situ de presión-temperatura y finalmente las reservas. El procedimiento es el siguiente: a) Para cada pozo se determina el valor del espesor neto poroso de la unidad estratigráfica almacenadora con impregnación de hidrocarburos, b) En el mapa de localización de pozos del yacimiento, se anota para cada pozo el espesor neto correspondiente y se hace la configuración por interpolación o extrapolación lineal, para obtener las isopacas, con lo que se obtiene el mapa de contornos estructurales con espesores de roca almacenadora, c) Se realiza la planimetría del área encerrada por cada curva o se calcula mediante métodos numéricos, d) Se determina el volumen total de roca del yacimiento, e) Con la información disponible de petrofísica (porosidad, permeabilidad, saturación de aceite) se procede a calcular el volumen original de hidrocarburos y f) Considerando el factor de recuperación se calcula la reserva. En este procedimiento, los mapas de contornos estructurales juegan un papel muy importante, por lo que su construcción debe de realizarse con alto nivel de certeza considerando toda la información disponible, tanto de geología, como de geofísica y de ingeniería petrolera.

## GP-6 CARTEL

### IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA POROSO EN ROCAS CARBONATADAS, PARA EL ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBURO EN LA PARTE NORESTE DE MÉXICO

Zavala Arriaga Maria Mercedes y Escobar Barrios Vladimir Alonso  
*Instituto Potosino Investigación Científica y Tecnológica, A.C., IPIICYT*  
 zamary92@hotmail.com

La Cuenca de Tampico Misantla, es una cuenca tipo riff, que se desarrolló durante el Jurásico evolucionando a una margen pasiva en el periodo Cretácico, por lo que las

rocas generadoras, almacenadoras y sello de sus campos se ubican en tiempo entre los 165 y 65 millones de años. En este trabajo se describe el estudio detallado de rocas carbonatadas de la Formación San Felipe y Formación Agua Nueva, formadas en ambientes de cuenca profunda. Se analizaron la petrografía y mineralogía de dichas rocas, determinándose la porosidad primaria y secundaria, características del sistema poroso, así como, las propiedades petrofísicas de las rocas y la importancia en la evaluación de porosidad y permeabilidad para el desplazamiento del fluido. La determinación de parámetros petrofísicos ayudó a evaluar el potencial de la roca en la recuperación de hidrocarburos, que se encuentran alojados en la matriz o fractura. Los resultados indican que, existe mayor aumento de porosidad en fractura que en matriz, lo que hace que la roca sin fractura sea compleja debido a su baja porosidad y permeabilidad, y que la recuperación de fluidos será más efectiva por medio de recuperación secundaria. Se propone generar un modelo petrofísico del cual se puedan obtener con certeza la porosidad total y porosidad secundaria, considerando el exponente de cementación, con los cuales se desarrolle exitosamente un modelo de discretización de la doble porosidad. Palabras claves: carbonatadas, radio de poro, porosidad, permeabilidad, recuperación.

## GP-7 CARTEL

### ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE RETORNO ENERGÉTICO PARA EL SECTOR DE HIDROCARBUROS EN MÉXICO: UN EJEMPLO MÁS DE LA LEY DE RETORNOS DECRECIENTES

Flores Hernández Jose Rafael<sup>1</sup> y Ferrarí Luca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Geociencias UNAM, campus Juriquilla, Qro.  
jr.fs.hz@gmail.com

Es bien conocido, aunque a menudo olvidado que, en la explotación de los hidrocarburos como también otras materias primas, se descubren y desarrollan primero los yacimientos de mayores dimensiones, de mas fácil acceso y de mejor calidad dejando para después los recursos mas difíciles o que implican tecnología de recuperación no convencionales. Esta tendencia natural hace que, con el tiempo, es necesario invertir cada vez mas energía en el proceso de obtención de los recursos, lo que se traduce en un incremento de los costos de producción. Para medir y describir este fenómeno, desde mas de tres décadas se ha definido el concepto de Índice de Retorno Energético (IRE) o Energy Return on Invested (EROI), que resulta del dividir la cantidad de energía obtenida por la energía consumada para su obtención (en barriles de petróleo equivalentes para el caso de los hidrocarburos). En la literatura científica existe varias definiciones del IRE dependiendo de que costos energéticos (directos e indirectos) se incluyan, pero en todos los países analizados, así como a nivel global, el IRE va decreciendo en las últimas décadas. Modelos matemáticos confirmados por observaciones empíricas indican además que el IRE alcanza su máximo antes del pico de la producción (pico del petróleo o del gas). México pasó su pico del petróleo en 2004 y su pico del gas natural en 2009. Hemos estimado el IRE para el sector hidrocarburos en México de tres formas: 1) de manera directa con la información publicada por PEMEX para la producción de petróleo y gas y el gasto energético sostenido en el periodo 1999-2014; 2) indirectamente, usando las estimaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la extracción y refinación de hidrocarburos como proxies de la energía consumada; 3) indirectamente, usando el precio promedio del crudo y la intensidad energética de la economía mexicana. Los resultados con el método 1) indican un valor máximo de 55.3 en 1999 que se reduce a 40.4 para 2014; para el caso 2) se alcanza un máximo de 58.1 en 1999 para luego caer a 39.2 en 2014; finalmente en el caso 3) se tiene un máximo en 1999 con un valor de 36.7 que decrece hasta 8.16 en el 2012, aunque posteriormente hay un ligero incremento para llegar a 20 en 2016. Cada uno de estos métodos tiene limitaciones y las discrepancias entre los valores pueden explicarse tomando en cuenta los diferentes datos utilizados, pero lo mas relevante es que en todos los casos el máximo del IRE se alcanza en 1999 para después empezar la caída, lo que confirma la teoría de que el IRE máximo se alcanza antes del pico de la producción. Este estudio tiene implicaciones importantes para la política energética nacional. La caída del IRE indica que la energía neta disponible para la economía es cada vez menor, al tiempo que los costos para obtener los hidrocarburos van creciendo constantemente, lo que afecta directamente el crecimiento del PIB y las finanzas nacionales.

## GP-8 CARTEL

### ESTADO ACTUAL DE LA EXPLORACIÓN PETROLERA EN MÉXICO, SUS PERSPECTIVAS Y RETOS

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

La exploración petrolera es la primera fase de la cadena de valor de los hidrocarburos, que en particular para México ha representado en las últimas décadas una importante fuente de ingresos, sobre todo por las exportaciones de crudo. No obstante la importancia de los recursos petroleros para México, la falta de inversión en actividades exploratorias ha significado que el territorio nacional y sus aguas territoriales se encuentre sub explorado. Sin embargo, hace unos años el cambio constitucional en materia petrolera dio como resultado que otras empresas, además de Petróleos Mexicanos, tuvieran la oportunidad de operar en México e invertir en proyectos de exploración y producción de hidrocarburos. Hay que

tomar en consideración el alto riesgo que significa la exploración petrolera, no sólo en cuestiones geológicas, sino también en las operaciones, particularmente en la perforación de pozos. Asimismo, es fundamental considerar que el retorno de capital de los proyectos exploratorios debe encadenarse con los proyectos de producción, además de reflejarse en el largo plazo por todas las actividades que se deben llevar a cabo. A partir de la Reforma Energética, el estado mexicano puede llevar a cabo actividades de exploración y extracción de petróleo a través de asignaciones y de contratos con terceros. Actualmente, se encuentran vigentes 415 asignaciones y 111 contratos. En prácticamente 200 bloques se realizan actividades de exploración, que si bien es un número considerable, representan una mínima parte de las áreas en donde se estima que existe potencial de localizar hidrocarburos. En este trabajo se presentan los resultados de las actividades exploratorias desde la Reforma Energética, tanto para las asignaciones como para los contratos, la expectativa para los siguientes años, las áreas en donde se están llevando a cabo, y los retos que enfrenta la exploración en la industria petrolera nacional.

Sesión regular

# **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA**

Organizadores:

Luca Ferrari

José Rosas-Elguera

GET-1

## LA PLUMA DE ETIOPÍA, AFAR Y LA PENÍNSULA ARABIGA: RIFTING EN EL ESTE DE ÁFRICA

Álvarez Román<sup>1</sup> y Camacho Miguel<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
 ralva@prodigy.net.mx

Hace 30 Ma África y la Península Arábiga estaban juntas y el Mar de Tethys las separaba de la placa Euroasiática. El domo afro-arábigo se había creado diez millones de años antes, en el Eoceno Medio, y consistía de un levantamiento del oeste de Etiopía y de la Península Arábiga (PA), que entonces estaban juntas. El levantamiento estuvo acompañado por extensas erupciones de fisura, que en algunos lugares alcanzaron espesores de 2000 m y que se conocen ahora como la serie de lavas de inundación, de basaltos 'Trap'. Estas lavas de inundación, distribuidas entre Etiopía y el suroeste de la PA cubren más de medio millón de kilómetros cuadrados. Se ha propuesto que la responsable de esa deformación y de esos abundantes flujos de basalto es una pluma de material más caliente que su entorno, que se origina próximo al núcleo terrestre y sube por el manto como una columna hasta la base de la corteza en donde se esparce. Aquí presentamos un mapa gravimétrico de 27° x 19° cubriendo la región de Etiopía y el SW de la Península Arábiga (PA), con una resolución de ~1 km, que nos permite delinear la extensión actual de un mínimo gravimétrico que está asociado a la pluma, así como reconstruir su extensión antes de que se iniciara la separación entre Etiopía y dicha península (30 Ma). Trasladando la PA 426 km al oeste y 405.5 km al sur, más una rotación de 10° en el sentido del reloj se logra un buen ajuste, topográfico y de la anomalía de Bouguer, que permite visualizar la situación a 30 Ma. Mediante el cálculo de varios modelos gravimétricos podemos inferir la posición y tamaño de la columna de la pluma (~280 km de diámetro) que al chocar con la corteza se esparce hasta 500 km de distancia. Los modelos muestran que la separación de la PA se inicia muy cerca de la proyección a la superficie, de la circunferencia de la columna de la pluma; sucede algo semejante con la porción vecina del Rift Africano del Este, sugiriendo que el impacto de la pluma sobre las capas de la corteza indujeron regiones de debilidad, por las que subsecuentemente se inició el desgarramiento. Los modelos también sugieren que la región de Afar, que es uno de los pocos lugares no marinos en los que se pueden rastrear las inyecciones de lava que originan las cordilleras marinas, es el resultado de múltiples inyecciones de diques, que rellenan las regiones a que da origen el desplazamiento de la PA hacia el NE, provocando anomalías gravimétricas de hasta 200 mGales.

GET-2

## INICIO DEL RETRAIMIENTO (ROLL-BACK) DE LA PLACA GUADALUPE-RIVERA BAJO EL BLOQUE DE JALISCO

Álvarez Román  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 ralva@prodigy.net.mx

En la transición de la placa de Cocos a la placa de Rivera se ha observado sísmológicamente que el ángulo de subducción pasa de unos 30° en la primera, a un mayor ángulo en la segunda (~55°). La pregunta es: ¿hasta dónde se extiende ese mayor ángulo de subducción bajo el Bloque de Jalisco (BJ)? La pregunta es de interés para determinar el retraimiento que ha experimentado la placa de Rivera bajo el BJ. En la parte NW del BJ el número de observaciones sísmológicas disminuye drásticamente, y por lo tanto, con ese método no se pueden replicar las observaciones hechas en la parte SE. Sin embargo, observaciones magnetotélúricas y de tomografía sísmica indican que en el sector NW la placa de Rivera continúa la subducción a ángulos de 50-60°, incluso observándose un retraimiento completo (85°) en la región de Bahía de Banderas, muy próximo a la zona de despegue original de la Baja California del BJ. Un estudio sísmico de reflexión de gran ángulo (wide-angle) determinó que en la región de la cuenca de San Blas la placa subduce a un ángulo de ~30°, por lo que a ambos extremos del BJ las placas vecinas subducen a ~30°, mientras que en el BJ el ángulo de subducción es de 50-60°. Atendiendo a los Cronos identificables (p.ej. 5n2 a 9.9 Ma), se puede ver que la placa de Rivera, propiamente dicha, todavía no empieza a subducir bajo el BJ. Durante casi 10 Ma de existencia, la placa de Rivera ha estado empujando a la placa de Guadalupe, que la precedió y que es la que se encuentra actualmente bajo el BJ. Propongo que originalmente (10 Ma) la placa de Guadalupe subducía con el mismo ángulo de ~30° que sus vecinas y que a partir de hace 10 Ma ha experimentado un retraimiento en la región del BJ, induciendo los mayores ángulos de subducción observados y provocando una migración hacia la trinchera del vulcanismo regional, manifestado como el Lineamiento Volcánico Central de Jalisco. El desgarramiento (rifting) en las fronteras SE y NE del BJ se manifiesta como una serie de grábenes, mientras que la frontera en el extremo NW ha sido debatida por algún tiempo. No obstante, mediciones recientes magnetotélúricas, de gravedad y de gradiente vertical de gravedad han permitido la delimitación de la frontera NW, que se extiende desde Bahía de Banderas hasta el punto triple de Compostela, de reciente identificación. Estas observaciones tienden a confirmar que la placa de Guadalupe, actualmente bajo el BJ, experimenta un retraimiento, provocando los mayores ángulos de subducción en esa región, así como la migración del vulcanismo hacia la trinchera.

GET-3

## MODELO ESTRUCTURAL DE UNA PORCIÓN DEL COMPLEJO ACATLÁN, AL SE DE PUEBLA

Flores-Pérez Stefania y Arcos Hernández José Luis  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 sflores1502@gmail.com

Se presenta la Geología Estructural de los cerros El Gallo, Teponaxtlí y Amarillo pertenecientes a la Sierra del Gallo al NE de Oaxaca y al SE de Puebla, cerca de los poblados Santo Domingo Tanguistengo y Santo Tomás Otaltepec. Esta zona se encuentra ubicada en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, en la Mixteca Alta; pertenece a la región hidrológica Balsas y a la subcuenca G-Río Acatlán. Las rocas que afloran forman parte del Complejo Acatlán, que se compone de rocas metamórficas con edad del Paleozoico, colindan con el Plutón Totoltepec al SW y con la Formación Otaltepec al NE, la cual, se compone de rocas clásticas con edades del Jurásico Medio. El trabajo se enfoca al análisis descriptivo o geométrico de las estructuras de la Sierra que contiene a los tres cerros antes mencionados, en cuanto a la cinemática se determinaron los ejes de acortamiento y extensión en fallas en las rocas metamórficas así como en zonas de rocas ígneas cercanas a los contactos geológicos. También se obtuvieron la orientación de los esfuerzos principales mediante métodos geométricos. Para realizar el análisis estructural correspondiente a la zona, se dividió el área en cuatro dominios estructurales por ser un sistema estructural heterogéneo. En el mapa se identificaron un sistema de fallas laterales y una falla inversa que representa el contacto geológico que posteriormente se reactivó entre el Plutón Totoltepec y el Complejo Acatlán. De los pliegues analizados se determinó la orientación de los esfuerzos principales, ## se encuentra principalmente al SW, ### se ubica en el NW, mientras que ### en dirección SE. Finalmente se realizó un modelo basado en las estructuras estudiadas.

GET-4

## HISTORIAL DE ACUMULACIÓN DE CIZALLA COSÍSMICA EN EL SEGMENTO NORTE DE LA FALLA DE BAJO ÁNGULO CAÑADA DAVID DURANTE LOS ÚLTIMOS 20,000 AÑOS

Cambrón Rosas Jaziel Froylan<sup>1</sup>, Fletcher John<sup>1</sup> y Spelz Ronald<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>UABC  
 jazfro.geokm9@gmail.com

El sistema de fallas Cañón Rojo-Chupamirtos (CR-CH), define el frente montañoso occidental del bloque Cerro Colorado. Este conjunto de fallas despliega un abundante registro de rupturas paleosísmicas que cortan abanicos aluviales del Cuaternario tardío. Los abanicos aluviales y escarpes cosísmicos fueron sistemáticamente mapeados mediante el uso de modelos digitales de elevación (DEM's) y ortomosaicos de alta resolución, generados en estudios previos con vuelos dron. A partir de los DEM's de alta resolución, fueron medidos los desplazamientos cosísmicos verticales de al menos cinco abanicos aluviales de diferentes edades. Los datos obtenidos muestran que las superficies más viejas son sistemáticamente más desplazadas que las superficies más jóvenes. Asimismo, se sugiere que el abandono de cada abanico aluvial fue causado por un sismo distinto y que los cambios climáticos fueron menos importantes en la formación de secuencias telescópicas. Todos los segmentos del sistema de fallas CR-CH tienen el mismo número de abanicos aluviales con características de suelo e intemperismo similares. Cada abanico registra cantidades similares de desplazamiento cosísmico en el mismo intervalo de tiempo. Esto sugiere que todos los segmentos del sistema CR-CH han registrado la misma historia paleosísmica a pesar de que estos segmentos de falla tienen diferencias cinemáticas. Se identificaron al menos cuatro rupturas cosísmicas distintas y las relaciones de escala indican que todas ellas fueron producidas por sismos con magnitudes (Mw) superiores a 7. La ruptura en superficie más reciente es la más pequeña, pero este sismo histórico de 1892 está bien documentado con una magnitud de 7.1-7.3. Interpretamos que los sismos asociados con esta falla normal de bajo ángulo CDD son anómalamente grandes en comparación con otras fallas normales sísmicamente activas en todo el mundo.

GET-5

## ESTUDIO PALEOSISMOLÓGICO DEL SEGMENTO NORTE DE LA FALLA AGUA FRÍA, LOS AZUFRES, MICHOACÁN

Campos Medina Juan Pablo<sup>1</sup>, Gilles Lacan Pierre<sup>1</sup>, Garduño Monroy Víctor Hugo<sup>2</sup>, Soria Caballero Diana Cinthia<sup>1</sup>, García Hernández Oscar Humberto<sup>2</sup>, Mendoza Ponce Avith del Refugio<sup>1</sup>, Velázquez Bucio María Magdalena<sup>1</sup>, León Loya Rodrigo Alejandro<sup>1</sup> y Prasanajit Naik Sambit<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
 geoipcm@gmail.com

En el sector central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), varios sismos corticales históricos han sido reportados en las fallas del sistema Chapala-Tula que atraviesan esta provincia justificando el estudio neotectónico de estas estructuras. En la parte central de este sistema, el Campo Volcánico Los Azufres (CVLA) se

encuentra ubicado en la transición entre dos zonas de depresión tectónica, para las cuales la actividad holocénica de las fallas ha sido comprobada, los grábenes de Morelia-Cuitzeo al oeste y el graben de Acambay al este. Entre estas dos zonas de cuenca, el potencial sismogénico de las fallas no ha sido caracterizado. La falla Agua Fría es una de las estructuras con la expresión morfológica más larga y continua de todo el conjunto de fallas en el CVLA. En el segmento norte de la falla Agua Fría, un estudio de paleosismología realizado en la cuenca de Llano Grande permitió caracterizar a esta estructura como sismogénica. Tres trincheras paleosismológicas fueron excavadas en el segmento norte de esta falla, logrando exponer una franja de deformación, la cual corresponde a una ruptura superficial holocénica, interpretada como cosísmica, de hasta 175 cm de desplazamiento vertical medido en las diferentes unidades estratigráficas desplazadas. A pesar de la nula documentación de terremotos destructivos históricos conocidos a lo largo de esta falla, se encontró evidencia de al menos un evento de deformación preservado en el registro estratigráfico de las trincheras. Nuestras estimaciones indican que esta falla es capaz de generar sismos destructivos de magnitudes de 6.4 a 6.9. Los resultados de este estudio paleosismológico indican que la falla Agua Fría, representa por sí sola un peligro sísmico significativo, el cual podría ser aún mayor considerando una ruptura múltiple, en conjunto con otras fallas de la región de Los Azufres (falla Marítaro) o incluso con las fallas del graben de Acambay, al este. Por lo anterior, la falla Agua Fría debe ser considerada en el inventario de fallas activas del CVTM. Este estudio se realizó con el financiamiento de los proyectos PAPIIT (IA102317), CeMIE-Geo (P17) y una beca de maestría otorgada por el CONACYT (431331).

GET-6

### RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DEL DOMO DE MERCURIO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Aranda-Gómez José Jorge<sup>1</sup>, Yutsis Vsevolod<sup>2</sup>, Juárez Arriaga Edgar<sup>1</sup>, Ortega-Obregón Carlos<sup>1</sup>, González-Cervantes Norma<sup>1</sup>, Chávez Cabello Gabriel<sup>1</sup>, Ramírez-Peña César Francisco<sup>3</sup> y Torres Gaytan David Ernesto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, UNAM, CGEO

<sup>2</sup>IPICYT

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL  
jjag@geociencias.unam.mx

El domo de Mercurio es una estructura, compleja, pobremente expuesta, pero fácilmente visible desde el aire. El domo no es obvio sobre el terreno porque el paisaje es una planicie en que las geofomas más sobresalientes, son cuellos y otros vestigios de volcanes profundamente erosionados. El domo es circular, con un diámetro de 16 km y está definido por un borde de deformación, con un relieve bajo (< 30 m), desarrollado en una sucesión volcánico-sedimentaria de rocas del Paleógeno. La región en donde se ubica el domo es desértica y el lecho rocoso en las áreas ocupadas por la sucesión volcanosedimentaria están casi completamente cubiertas por pavimento del desierto, que enmascara las litologías subyacentes, pobremente litificadas. El borde deformado es continuo en 3/4 partes de la circunferencia y en el resto está cubierto por (¿o desarrollado en?) rocas volcánicas del Eoceno-Oligoceno, que también están expuestas en el interior del domo, en donde además aflora un anticlinal vertical, abierto, en un afloramiento de la caliza Aurora. Así mismo, en el interior del domo también está expuesto un intrusivo subvolcánico pequeño (~250 x 75 m), alargado (N30W), con juntas columnares conspicuas (Cerro Dinamita). El borde deformado del domo no es una estructura simple, pues en sus porciones SE, S y SW hay pliegues abiertos que buzan hacia afuera del domo. En el interior del domo hay una anomalía aeromagnética que sugiere la presencia de un intrusivo en el subsuelo. Modelado de los datos aeromagnéticos indican la presencia de un cuerpo magnético, con un diámetro de 10 km y bordes difusos a una profundidad de 1-2 km abajo del Cerro Dinamita. Cambios en susceptibilidad necesarios en el modelo geofísico son consistentes con un sistema magmático bimodal (andesita-riolita) observado en superficie, en donde hubo mezcla física y química de magmas. La edad de la sucesión volcanosedimentaria fue inferida con base a fechamientos U-Pb en circones detríticos de dos areniscas y de una ignimbrita cercana a la cima del depósito. Además se fecharon circones del intrusivo expuesto, suponiendo que éste es representativo del cuerpo oculto. Nuestra interpretación de la estructura es que refleja la presencia de un intrusivo (¿un tronco o lacolito?) que fue emplazado de manera forzada hace ~29 Ma en una sucesión del Paleógeno previamente deformada durante un pulso laramídico tardío. La sucesión es burdamente equivalente en edad y posición estratigráfica a la formación Ahuichila. Las edades U-Pb sugieren que parte de la sucesión volcanosedimentaria se acumuló hace ~46 Ma, que el último pulso de acortamiento en el área tiene una edad <46 Ma y que el domo se formó hace ~29 Ma (la edad de intrusivo). En un diagrama de probabilidad density los circones detríticos en las areniscas presentan un pico principal de ~86 Ma y picos menores de ~152, ~99, y ~51 Ma lo que las hace semejantes a circones detríticos de algunas rocas del Grupo Difunta, excepto que los circones de >1.0 Ga son más escasos en las areniscas de Mercurio. Papiit IN100416.

GET-7

### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL: INDICADORES CINEMÁTICOS EN RANCHO LOS FILTROS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Ramírez-Ortega Miguel Ángel<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>, Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
migueraand@gmail.com

La Sierra del Cuervo es una cordillera con orientación norte-noroeste y se ubica a unos 30 km al NE de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México. La zona de estudio se ubica en el Rancho los Filtros, Aldama, Chihuahua, México. Geoinfomex describe a la Sierra del Cuervo como una extensión de terreno sedimentario y vulcano-sedimentario. La edad de las rocas expuestas en la Sierra del Cuervo va del Precámbrico tardío al Cuaternario. Se ha reconocido por varios autores que la Sierra del Cuervo contiene afloramientos del Paleozoico litológicamente diferentes a los que se presentan en el centro del país y al noroeste en Sonora. Handschy en su trabajo "Polyphase deformation in Sierra del Cuervo, Chihuahua, Mexico: Evidence for Ancestral Rocky Mountain tectonics in the Ouachita foreland of Northern Mexico" menciona que el mapeo y análisis estructural de la parte sur – central de la Sierra del Cuervo revela al menos cinco periodos principales de deformación que van desde el Precámbrico hasta el Terciario Tardío. Las estructuras más evidentes corresponden a una serie de fallas de empuje, asociadas a pliegues que involucran al basamento precámbrico y otras rocas paleozoicas. Las rocas muestran un transporte tectónico hacia el este-sureste. La relación estratigráfica de campo en la Sierra del Cuervo localmente restringe la edad de esta deformación solo a principios del Pérmico y en general al pre-Cretácico. Sin embargo, regionalmente se interpreta que el desplazamiento ocurrió durante el Pérmico Medio. Este trabajo en colaboración con otros realizados por alumnos de la UACH tiene como objetivo la descripción a detalle del área que contiene al llamado complejo metamórfico o "core complex". En la zona del complejo metamórfico se han identificado varias estructuras asociadas a indicadores cinemáticos como por ejemplo diques de diferente edad, pliegues armónicos y de arrastre, así como fallas de diferentes tipos, que son significativas para realizar la interpretación del análisis cinemático del área. Se presenta un mapa con detalle de la interpretación realizada y los análisis de la información colectada en campo durante el desarrollo de este trabajo.

GET-8

### ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y TECTÓNICO DEL SECTOR SURESTE DE LA SIERRA SANTA ROSA, COAHUILA

Almaguer Carmenates Yuri, Batista Rodríguez José Alberto, Blanco Moreno Jesús Antonio, Díaz Martínez Roberto, Monsivais Durón Denisse Alejandra, Gutierrez González Alondra Rubi y Rodríguez Vega Antonio  
Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila, ESI-UAdeC  
y\_almaguer@uadec.edu.mx

Se presenta un estudio geomorfológico y tectónico del sector sureste de la Sierra Santa Rosa Coahuila con vista a profundizar en la historia deformacional de la secuencia estratigráfica de la Cuenca de Sabinas en el NE de México. Para cumplir con el objetivo trazado se aplicó una metodología que integró trabajos de cartografía digital y de trabajos tectónicos de campo. Desde el punto de vista geomorfológico se generaron e interpretaron varios mapas morfométricos tales como la pendiente del terreno, isobases y disección del terreno; la generación y manejo con las bases de datos y el procesamiento digital de la información se realizó en un Sistema de Información Geográfica. La medición tectónica de campo se basó en la descripción geológica de afloramientos y medición de datos estructurales tales como la orientación de estratos, cizallas, grietas tensionales y fallas. Como resultados la interpretación morfométrica permite identificar sistemas de fracturas de dirección NE-SO y NO-SE asociados, según criterios, a diferentes regímenes tectónicos. El sistema NO-SE, asociado a una cabalgadura, es el más antiguo y posiblemente está relacionado a los esfuerzos compresivos regionales vinculados a la Orogenia Laramide. El sistema NE-SO es el más reciente y se estima que fue formado por esfuerzos tensionales, presentando indicadores de desplazamientos por el buzamiento, condicionando una morfología escalonada en la sierra. Las mediciones tectónicas permiten clasificar el pliegue Santa Rosa como asimétrico, donde el flanco NE presenta mayor inclinación (65°) que el SO (15°). En el flanco NE, se reportan pares conjugados de cizallas hk0-a y hk0-b, así como estilolitos diagenéticos, paralelos a la estratificación; además se identifica una estructura disyuntiva, representada por una falla normal con orientación 72°/174°, indicando esfuerzos extensionales N-S, relacionada con un proceso posterior de deformación no vinculado a la Orogenia Laramide. En el flanco SO se reportan grietas tensionales ac y bc, con orientaciones de 90°/050° y 90°/320°; las ac se vinculan a la tensión por compresión horizontal responsable del plegamiento, y las bc a esfuerzos extensionales que se desarrollan en el arco exterior del pliegue durante la compresión laramídica. Estas estructuras tectónicas condicionan movimientos geodinámicos entre la sierra Santa Rosa y Obayos ubicada al sur del área de estudio; esto se corrobora por la presencia de facetas triangulares, desarrolladas en los interfluvios de la vertiente NE de la Sierra de Obayos, formadas por levantamiento y erosión a través de una zona de falla.

GET-9

## CAMBIO DE UN ESTADO DE DEFORMACIÓN BIDIMENSIONAL A TRIDIMENSIONAL DOCUMENTADO EN EL SUR DE LA MESA CENTRAL DE MÉXICO

Del Pilar Martínez Alexis y Nieto Samaniego Ángel Francisco  
Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
adelpillar@geociencias.unam.mx

En el sector sur de la Mesa Central (MC) de México está presente un rasgo particular, como lo es un patrón de fallamiento normal polimodal a escala regional, cuyo desarrollo es consecuencia de un cambio en el estilo de deformación de la corteza superior ocurrido durante el Oligoceno. Dicho patrón poco usual de fallamiento está constituido por la convergencia de dos sistemas de fallas principales con orientaciones NW y NE, y otras fallas mayores con orientación N-S y E-W. Un primer evento de deformación produjo el desarrollo de fallas en estilo dominó orientadas NW-SE que bascularon 35-40° ignimbritas de ~31 Ma. Este evento se ajusta a un estado de esfuerzos con el esfuerzo mínimo compresivo orientado 049°/01° (dirección/inclinación) calculado a partir de la inversión de datos de fallas. Posterior a los ~28 Ma, un segundo evento formó grandes grábenes orientados NE-SW sin una rotación evidente de los bloques involucrados, y que se ajusta a un estado de esfuerzos con el esfuerzo mínimo compresivo orientado 307°/03°. Este cambio en el estilo de deformación se registró en una discordancia angular que puede seguirse en casi todo el sur de la MC. La disposición geométrica de los distintos sistemas de fallas nos permite postular una hipótesis acerca de su desarrollo y evolución: Durante el Rupeliano estuvo activo un sistema extensional en un esquema de deformación bidimensional (2D) clásico, con fallas rotacionales buzando hacia el SW conectadas por fallas de transferencia orientadas NE-SW; para el Chattiano, las fallas de transferencia fueron activadas formando grábenes, las estructuras antiguas NW fueron reactivadas y se formaron las fallas con orientación N-S y E-W, configurando el sistema polimodal que acomodó deformación tridimensional (3D). De este modo, el estado 3D estuvo predispuesto por las estructuras formadas durante un estado 2D previo, el cual evolucionó cuando un segundo evento de fallamiento estuvo activo. El control sobre la edad y distribución espacial de la discordancia que registra el cambio en el estilo de deformación en el sur de la MC, convierten a esta región en un sitio clave para elucidar los mecanismos involucrados en el desarrollo de regiones afectadas por deformación 3D frágil, así como para entender su significado tectónico durante la evolución paleogénica del margen oeste extendido de Norteamérica.

GET-10

## EXHUMACIÓN DE LOS INTRUSIVOS COMANJA Y TESORERA: IMPLICACIONES EN EL LEVANTAMIENTO DE LA MESA CENTRAL DE MÉXICO

Olmos Moya Paulina, Nieto Samaniego Ángel Francisco, Levresse Gilles,  
Alaniz Álvarez Susana A., Abdullin Fanis y Del Pilar Martínez Alexis  
Centro de Geociencias, UNAM  
col-26@hotmail.com

La Mesa Central (MC) es una provincia fisiográfica elevada que presenta cotas de por encima de 2000 m. s. n. m. y que se localiza en la parte central de México. Dentro de esta provincia fisiográfica se encuentran aflorando cuerpos intrusivos que se encuentran emplazados en rocas del Mesozoico y subyacen discordantes a rocas del Cenozoico. Estos intrusivos registran la historia de levantamiento-exhumación-erosión de la MC ocurrida entre el Cretácico tardío - Paleógeno. Estos eventos de levantamiento-erosión-exhumación pueden ser reconstruidos a partir de fechamientos isotópicos que indiquen la edad de cristalización y enfriamiento de los plutones. Este trabajo se centra en reconstruir la historia de levantamiento-exhumación-erosión de dos cuerpos intrusivos, Granito Comanja (GC) y Granodiorita Tesorera (GT) haciendo uso de las técnicas de fechamiento isotópico U/Pb en circon y apatito, trazas de fisión en apatito y geobarometría en hornblenda. A partir de estos análisis se obtuvo, para el GC una edad de emplazamiento de 52 Ma a una profundidad de entre 6 y 7 km. Se pudo estimar que el proceso de exhumación duró #4 m. a., a una tasa de #2500 m/m. a. ocurrida entre los 52 Ma y 48 Ma. Para la GT se obtuvo una edad de emplazamiento de 73 Ma, a una profundidad de #5.7 km. El proceso de exhumación tuvo una duración de #10 m. a., a una tasa de #528 m/m. a., ocurrida entre los 73 Ma y 63 Ma. Con estos resultados se asume que en la MC ocurrieron al menos dos eventos de exhumación. El primero ocurrido entre los 73 Ma y 63 Ma, el cual presenta tasas de exhumación típicas de proceso erosivo postorogénico y un segundo ocurrido entre los 52 Ma y 48 Ma, las tasas de exhumación de este segundo evento sugieren que un colapso extensional jugó un papel importante durante la exhumación. En ambos casos las magnitudes de exhumación son similares, pero tuvieron lugar en distinto tiempo, con una diferencia temporal de 20 m. a. Los cuerpos intrusivos intrusivos se encuentran emplazados sobre sistemas de fallas mayores, el Granito Comanja sobre el Sistema de Fallas de El Bajío de ~180 km de longitud y la Granodiorita Tesorera sobre el Sistema de Fallas San Luis Tepehuanes de ~750 km de longitud. Aunque aún desconocemos el papel que estas estructuras regionales jugaron, se asume que ejercieron un control importante en el proceso de exhumación.

GET-11

## DEFORMACIÓN MESOZOICA DEL ÁREA DE JURUQUILLA, QUERÉTARO

Cid Villegas Gonzalo<sup>1</sup>, Alaniz Álvarez Susana A.<sup>1</sup> y Campos Enriquez José Oscar<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cgeo UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
gcvillegas@geociencias.unam.mx

Este trabajo tiene como objetivo mostrar los avances en la caracterización de la deformación mesozoica presente en el área de Juruquilla Querétaro. La zona estudiada se encuentra en el bloque del alto del valle de Querétaro y corresponde a una cuenca sedimentaria localizada en la intersección de las provincias fisiográficas Mesa Central, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana. El valle de Querétaro está limitado por el Sistema de Fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) con orientación N-S, y un sistema de fallas con orientación NE-SW. Los depósitos mesozoicos identificados en el área de estudio corresponden a lutitas y calizas. La importancia de estos afloramientos radica en que son los únicos de edad mesozoica aflorando dentro del valle de Querétaro, además, se localizan sobre la traza del SFTSMA, por lo que la deformación del sistema de fallas tiene relación directa con la deformación de estas rocas. Los resultados obtenidos indican que: La deformación es de carácter contractiva, posiblemente asociada a la Orogenia Mexicana. Se manifiesta a través de clivaje penetrativo en las lutitas, así como plegamiento y cabalgaduras tanto en las calizas y lutitas. La dirección de los ejes axiales y la dirección del clivaje es paralela y presentan un rumbo NNE-SSW, por lo que se infiere que el eje de máxima compresión tiene una orientación WNW-ESE. Contrario a la dirección de transporte que presenta la Orogenia Mexicana en la Sierra Madre Oriental, la dirección del echado en el área de estudio es hacia el Este. De igual forma se identificaron pliegues plegados lo que podría ser indicio de un segundo evento de deformación. Alaniz et al., en el 2002 caracterizaron los eventos de deformación post-eocénicos asociados al SFTSMA. Identificaron 4 eventos de deformación, de los cuales 3 se encuentran en la región San Miguel de Allende-Querétaro. Integrando esa información con la obtenida en este trabajo, se podría entender mejor la evolución tectónica que ha tenido el SFTSMA en su porción norte. El SFTSMA es de gran importancia por ser el límite entre las provincias Mesa Central y Sierra Madre Oriental. Los resultados obtenidos hasta el momento nos indican que la deformación contractiva presente en el área de estudio no puede estar asociada exclusivamente a la Orogenia Mexicana, debido a las diferencias en la dirección de máximo acortamiento y la dirección de transporte, que son diferentes en las reportadas por otros autores para la orogenia Mexicana. Además, la existencia de pliegues plegados puede ser indicio de otro evento de deformación, por lo que se necesita mayor trabajo de campo para poder sustentar esta hipótesis.

GET-12

## MODELO ESTRATIGRÁFICO ESTRUCTURAL DEL CUBO COYULA-HUMAPA AL SUROESTE DE LA CUENCA TAMPICO MISANTLA E IMPLICACIONES PARA UNA HIPÓTESIS DE LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA EN LA PORCIÓN OCCIDENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO

Medina Romero Erik<sup>1</sup>, Levresse Gilles<sup>2</sup>, Nieto Samaniego Ángel Francisco<sup>3</sup> y Cerca Martínez Luis Mariano<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
erizo\_mero@hotmail.com

Se presenta un modelo estratigráfico-estructural generado a partir de la interpretación de secciones sísmicas disponibles en el cubo Coyula-Humapa. Para la interpretación se tomó en cuenta la cronoestratigrafía de pozos en la zona y se definieron reflectores guías que permiten tener una buena definición en el tiempo de las estructuras. Las interpretaciones de las estructuras en el modelo 3D y en las secciones sugieren que se presentó un evento extensivo con dirección NW-SE desde el Jurásico Inferior hasta el Jurásico Superior coincidente con la dirección de separación de Norte América respecto a Sur América. Contemporáneamente y de manera ortogonal (dirección NE-SW) se registra otro evento extensivo, con la diferencia que este último termina hasta el Cretácico Inferior. Al occidente del área de estudio, en el frente de cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental, las formaciones cretácicas se observan con plegamiento intenso y con desarrollo de fallas inversas. Por otro lado, en las secciones interpretadas las unidades del Cretácico solo presentan plegamiento suave y salvo escasas evidencias, no se observan fallas inversas. Se sugiere que Plataforma Valles-San Luis absorbe la compresión laramídica por lo que no se transmiten fielmente los esfuerzos compresivos al oriente de dicha estructura. Además del acortamiento en dirección SW-NE provocado por la Orogenia Laramide durante el Cretácico Superior-Paleógeno, se interpreta otro evento compresivo con dirección de acortamiento SE-NW que afecta hasta las unidades del Jurásico Superior contemporáneo a los eventos extensivos. Se sugiere un cambio en el comportamiento mecánico entre las unidades del Jurásico Superior y las del Cretácico debido a que los primeros registran un plegamiento intenso y numerosas fallas inversas, mientras las formaciones cretácicas solo desarrollan pliegues suaves dentro del cubo sísmico. Esta diferencia en el comportamiento mecánico se debe a que las formaciones del Jurásico Superior están constituidas principalmente por material dúctil (lutitas carbonosas principalmente) en tanto las

formaciones del Cretácico incluyen mayor cantidad de constituyentes rígidos (calizas oolíticas y pelágicas). El rasgo estructural más sobresaliente es la presencia de dos zonas de cizalla en las que predominan discontinuidades verticales que pueden ser interpretadas como fallas de rumbo. Existen rasgos sísmicos (reflectores brillantes) que parecen indicar material ígneo intrusionado en distintos niveles estratigráficos que aprovecharon las discontinuidades verticales como conductos. Los rasgos observados se explican por la generación de dos sistemas de fallas de rumbo. Uno en dirección WNW-WSE, el cual parece ser el producto de la interacción entre el movimiento de las placas de Farallón y Norte América. El otro con rumbo NNW-SSE, el cual se pudo haber originado por la interacción de la placa de Farallón con el desplazamiento del Bloque de Yucatán.

GET-13

## ESTRUCTURA Y EVOLUCIÓN DE LAS CUENCAS DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA: INTERPRETACIÓN DE PERFILES SÍSMICOS DE REFLEXIÓN

Martín Barajas Arturo, González Escobar Mario, Mastache Román Edgar  
Agustín, Pacheco Romero Martín, Téllez-Velázquez Gabriela y Arregui Sergio  
CICESE  
amartin@cicese.mx

En el Golfo de California la deformación transtensional migró hacia el oeste a fines del Plioceno, cuando las fallas y la subsidencia de las cuencas en margen oriental cesaron. En el norte del Golfo de California (NGC) las cuencas Delfín, Consag y Wagner forman una estructura rombocásmica compleja, con la deformación extensional distribuida en varias subcuencas asimétricas separadas por fallas normales de bajo y alto ángulo y fallas oblicuas de dirección NNE. Estas fallas transfieren la deformación entre las fallas transformantes Cerro Prieto al norte y Canal de Ballenas al sur. La interpretación de la malla sísmica completa de PEMEX (6s de registro) y del cruceo Ulloa99-5 (2s) permitió cartografiar con más detalle las fallas e identificar varias subcuencas separadas por altos de basamento continental. La cuenca Wagner (CW) comprende dos subcuencas, la subcuenca norte está colmatada de sedimentos y no tiene expresión batimétrica. En contraste el depocentro sur alcanza actualmente 200 m de profundidad y registra la mayor subsidencia (>5 s, tdv). En la cuenca Consag se identificaron dos depocentros angostos <10 km de ancho de orientación NNE que terminan abruptamente al ENE en la zona de fractura Tepoca (ZFT), definida por fallas de desplazamiento lateral que bordean un alto estructural que separa la zona inactiva del rift al este. La cuenca Delfín Superior incluye cinco subcuencas con ejes orientados cuatro al NE y uno al norte, controladas por fallas listricas y fallas verticales oblicuas que conectan al SW con la zona de falla Volcanes bordeando el margen peninsular. La cuenca Delfín Inferior es un graben simétrico de 15 a 20 km de ancho con fallas paralelas al patrón NE, con numerosos volcanes submarinos recientes identificados en las imágenes sísmicas de alta resolución y batimetría multihaz. El mapa estructural y la interpretación de horizontes del basamento y la cima del Plioceno indican que la ruptura continental y la formación de piso oceánico es incipiente en el NGC (<40 km). Las cuencas activas muestran un reflector profundo antiformal que interpretamos como nueva corteza oceánica bajo los depocentros más profundos de las subcuencas. Nuestros resultados indican que el proceso de oceanización del rift en el NGC es menor en comparación con las cuencas del sur del GC que registran 150 a 270 km de nueva corteza y del Salton Trough que alcanza ~100 km de separación de la corteza continental en dirección del transporte tectónico al NW.

GET-14

## GEOCRONOLOGÍA DE U-PB DE LOS PLUTONES DE LA MARGEN CONTINENTAL DE OAXACA Y PATRONES DE EXTINCIÓN DEL MAGMATISMO EN EL OLIGOCENO Y MIOCENO

Morán Zenteno Dante Jaime, Barbara Martiny, García Hernández Samantha  
Yahel, García Rodríguez Hemes Martín, Muñoz Eddie y Ortiz Zamora Violeta  
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
dantetz@unam.mx

Las edades del inicio y extinción del magmatismo cenozoico en la margen continental de Oaxaca, en el sur de México, son poco conocidas debido a la escasez marcada de fechamientos de U-Pb, en comparación al número de edades de enfriamiento obtenidas por los métodos de K-Ar, Ar-Ar y Rb-Sr en biotitas y anfíboles. El reconocimiento de los patrones de extinción tiene relevancia porque permite hacer inferencias respecto a los factores tectónicos que produjeron la extinción, incluido el truncamiento de la margen continental y los cambios en la geometría de la zona de subducción. Como parte de un proyecto de largo plazo, se llevaron a cabo estudios en 11 batolitos y plutones mayores de la región costera de Oaxaca, desde Ometepec hasta Salina Cruz, con el objeto de reconocer la variabilidad petrológica y geocronológica de esta región del Pacífico y examinar los rasgos tectónicos que se desarrollaron durante y después de la actividad magmática. Los resultados de los análisis petrográficos y geoquímicos indican composiciones que varían desde sienos-granitos hasta dioritas con un comportamiento calcálcico y, en dos casos, una clara afinidad adakítica. Se llevaron a cabo 21 fechamientos de U-Pb por LA ICPMS de muestras representativas de plutones desde Ometepec hasta Salina Cruz. Esto permitió reconocer episodios de magmatismo que incluyen uno de 55 Ma, otros de 34-29 Ma, de 22-20 Ma y de 17 a 15 Ma. La proximidad de las

edades de U-Pb con respecto a las edades de enfriamiento, confirma una rápida exhumación de los plutones después de su emplazamiento. El comportamiento general de las edades obtenidas, en comparación al magmatismo oligoceno del norte de Oaxaca (34-29 Ma) y el inicio del magmatismo en los diversos sectores de la Faja Volcánica Trans-mexicana, indica que el patrón de extinción del magmatismo muestra una migración de NW a SE, pero también de N-S con respecto al volcanismo andesítico del norte de Oaxaca. La convivencia de magmatismo de la Faja Volcánica-Trans-mexicana con la costa de Oaxaca con posiciones que gradualmente migraron al este, expresa claramente la migración de la estructura de tijaera en la placa subducida que subyace actualmente al Istmo de Tehuantepec.

GET-15

## SITUACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE CRECIMIENTO DE LA GEOTERMIA EN MÉXICO

Ferrari Luca  
Centro de Geociencias UNAM, campus Juriquilla Oro.  
luca@unam.mx

Se presenta una revisión de la situación actual y potencial de la geotermia mexicana llevada a cabo para la Comisión de Energía del Senado. En el sexenio pasado la Secretaría de Energía ha manejado un potencial de capacidad geotérmica de 13,400 MW que parece muy sobrestimado, ya que es equivalente a 14 veces la capacidad instalada nacional o a toda la capacidad geotérmica mundial. En 2018 la capacidad geotermoelectrónica instalada era 925 MW (1.22% del total nacional para electricidad) con una generación de electricidad anual de 5,352 GWh (1.59% del total nacional). El factor de planta promedio con estos datos es de 66%. En comparación, para las energías hidroeléctrica y eólica es de 31% y para la solar 16%. Es interesante notar que casi el 90% de la generación geotermoelectrónica descansa en tan solo dos campos, Cerro Prieto y Los Azufres, que tienen condiciones geológicas únicas. La evolución histórica de la geotermia mexicana indica que en el tiempo se han descubierto y desarrollado campos cada vez más pequeños, una tendencia similar a lo que se observa para los yacimientos de hidrocarburos. La capacidad adicional que se planea instalar por parte de CFE de aquí a 2024 es limitada. La última edición del PRODESEN solo plantea una adición de 153.7 MW. En cuanto a los proyectos de exploración otorgados a privados como consecuencia de la Reforma Energética, el más avanzado es el de Celaya, a cargo de ENAL S.A. de C.V. (actualmente parte de CARSO Energy), donde se han perforado tres pozos exploratorios encontrando temperaturas y producción de vapor con posibilidades de instalar capacidad de algunas decenas de MW. En conclusión, en este sexenio solo se puede estimar una capacidad adicional de cerca de 200 MW, equivalente a ~20% de la capacidad actual. El potencial de crecimiento de la geotermia mexicana ha sido evaluado en varios estudios (Ordaz et al., 2011; Hiriart et al., 2011; AZEL, 2017; Gutierrez Negrin, 2019) que, aunque difieren en su metodología, coinciden en que las reservas probadas son muy inferiores a la capacidad instalada actual y que las demás reservas y recursos recaen en plays medianos y pequeños, con capacidad instalable de un orden de magnitud inferior a los campos gigantes como Cerro Prieto y Los Azufres. De manera optimista se puede vislumbrar que la capacidad geotérmica podría duplicarse en una década si se hacen las inversiones necesarias, que implican un cierto riesgo financiero. Por su capacidad de proporcionar carga base y bajo impacto ambiental la geotermia representa una fuente renovable de alta calidad que, donde presente, debería desarrollarse con alta prioridad dada sus ventajas sobre otras fuentes intermitentes y diluidas como eólica y solar. Sin embargo, su potencial de crecimiento en un país como México, que ya ha desarrollado sus mejores sitios, es relativamente modesto. Un incremento mayor podría venir de recursos no convencionales explotable con tecnologías EGS. Sin embargo, a nivel mundial todavía no existen ejemplos de generación comercial con potencia significativa para este tipo de recursos.

GET-16

## MODELO CONCEPTUAL DE LAS ÁREAS TERMALES DE BAJA ENTALPIA DE LOS GRABEN DE JUCHIPILA Y SANTIAGO PAPANQUIARO, MARGEN ORIENTAL DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Ferrari Luca<sup>1</sup>, Levresse Gilles<sup>1</sup>, Hernández Espriú Antonio<sup>2</sup>, Inguaggiato Claudio<sup>3</sup>, Billarent Andrea<sup>4</sup>, Arias-Paz Alberto<sup>2</sup>, Corbo Fernando<sup>1</sup>, Loza Isidro<sup>5</sup>, Inguaggiato Salvatore<sup>6</sup>, Orozco Esquivel Teresa<sup>6</sup>, Castillo Reynoso Juan Carlos<sup>7</sup> y Martínez Resendiz Emma Vanesa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias UNAM, campus Juriquilla, Oro.

<sup>2</sup>Division de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería UNAM

<sup>3</sup>Division de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>4</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM

<sup>5</sup>Universidad de Guanajuato

<sup>6</sup>INGV, Palermo, Italia

luca@unam.mx

El proyecto interdisciplinario PAPIIT IV100117, en la modalidad de vinculación docencia-investigación, tuvo como objetivo explicar el origen de las manifestaciones termales de baja entalpia de la parte oriental de la Sierra Madre Occidental (SMO) por medio de la integración de nueva información geológica, geofísica, geocronológica, hidrogeológica, hidrogeoquímica e isotópica. En esta región existen numerosos manantiales termales con temperaturas de entre 35°C y 75°C que no están asociados a volcanismo Plio-Cuaternario. Hay dos hipótesis, no mutuamente

exclusivas, para explicar el origen del termalismo: 1) generación de calor en la corteza superior por decaimiento radioactivo de rocas silíceas ricas en K, Th y U localmente cubiertas por capas de sedimentos con baja conductividad térmica; 2) ascenso de fluidos calientes desde la corteza inferior y el manto a lo largo de estructuras corticales. El proyecto se enfocó a dos áreas principales: el graben de Juchipila (Jal., Zac., Ags.), ubicado en el límite suroccidental de la SMO justo al norte de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, y el graben de Santiago Papasquiaro (Dgo.), ubicado en la frontera entre la SMO y la Mesa Central donde intersecta el sistema de fallas San Luis-Tepihuanaes. En ambos casos, existen estructuras extensionales importantes desarrolladas entre el Eoceno tardío y el Mioceno temprano, asociadas al inicio del adelgazamiento litosférico que finalmente llevó a la apertura del Golfo de California. La columna estratigráfica incluye a sedimentos continentales y volcanismo bimodal típico de la SMO (ignimbritas y riolitas del Eoceno, Oligoceno y Mioceno temprano; basaltos del Oligoceno tardío y Mioceno tardío) además de los sedimentos clásticos y lacustres intra-graben. En la región de Santiago Papasquiaro afloran también unidades del basamento sedimentario Mesozoico. La medición de la radioactividad natural en rocas muestra que los valores más altos se encuentran en lutitas del basamento Mesozoico, seguidos por riolitas e ignimbritas del Eoceno. Las relaciones de isótopos de He indican una contribución mantélica mayor en Juchipila que en Santiago Papasquiaro, área donde en cambio hay una componente importante de He4 de origen cortical. Los datos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos junto con las evidencias geológicas y los estudios magnetotéluricos indican que las aguas calientes son el resultado de la infiltración de aguas meteóricas en un acuífero fracturado hasta ~3-4 km de profundidad, donde se calientan. La presencia de He de origen mantélica se puede explicar por la cercanía con la Mesa Central, donde hay evidencia de una astenósfera somera, y por la presencia de sistemas de fallas corticales que conectan con la corteza inferior. La producción de calor radiogénico en la corteza superior se superpone al calor procedente de la base de la corteza, particularmente en el caso de Santiago Papasquiaro donde afloran rocas con anomalías de U y Th importantes ya reportadas, que se han confirmado en este trabajo.

## GET-17 CARTEL

### ESTRATIGRAFÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL MAR DE THETYS, DEL MESOZOICO AL HOLOCENO, QUE IMPLICA LA SUTURA DE LA FAJA NEOVOLCÁNICA TRANSMEXICANA (FNTM)

Bazán Perkins Sergio D. y Bazán Barrón Sergio  
*Industria Minera India, S. A. de C. V., IMI*  
 bazanperkins@hotmail.com

Al disgregarse la Pangea del final Paleozoico, para formar el Mar de Tethys durante el Mesozoico, permanecían Tamaulipas, Coahuila, Chihuahua, Sinaloa y Durango, con reductos marinos del Triásico en Sonora, Zacatecas, SLP, Norte de Veracruz y emergían Tlaxcala, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Entonces la gran transgresión invadía centro-sureste, con rifts jurásicos NNW-SSE, del Geosinclinal Mexicano y proto Golfo de México. La expansión marina depositaba potentes conglomerados y terrígenos entre pilares del basamento precámbrico profundamente erosionado, para comunicar al Pacífico por Guerrero-Michoacán. La intensa devastación y desgaste por abrasión y erosión destruía extensas plataformas marinas litorales preexistentes, por cientos de kilómetros, incluyendo precámbricas, con bordes de abanico marinos de verdaderos olistostromas, con gran pérdida de corteza por subducción marina convergente al poniente. El Mar de Tethys hacia el Cretácico Inferior, alcanzaba máxima extensión con 3000 km, E-W, con desgaste del basamento precámbrico. Al sur, emergían Puebla, Guerrero, Michoacán, Colima, Oaxaca y Chiapas prolongadas hasta Colombia y Venezuela. El cierre geosinclinal originaba calizas arrecifales del Cretácico Medio con levantamientos del Cretácico Superior, en anticlinorios orogénicos al oriente por subducción marina progresiva desde las trincheras de Chicontepec y Chilpancingo hacia el poniente. Estos eventos generaban masas batolíticas al occidente y gran vulcanismo en la Sierra Madre Occidental con removilización de sulfuros masivos precámbricos por plutonismo para constituir la Faja Estructural Mexicana Iaramídica. La gran compresión originaba la regresión y la megashear de la FNTM con sutura del Mar de Tethys con depósitos flysch y molasse, en la planicie costera del Golfo de México, hasta el Eoceno-Paleoceno continental de estilo germánico. Establecemos que la FNTM está limitada al Norte y Sur por las secuencias precámbricas truncadas primigenias de la corteza, con rocas toleíticas, tipo MORB del Supergrupo Zihuatanejo de la Faja Estructural Cananea occidental y klippe toleíticas del Grupo La Esmeralda, San Pedro Limón, Estado de México. El basamento del Supergrupo Pápalo y grupo Los Alisos aflora en klippe komatíticos del Grupo Tecolutla, Tehuiztongo, Puebla. También rocas arqueanas en Cuicatlán-Pápalo y Cañón Tomellín, Oaxaca, del área tipo del Supergrupo Pápalo arqueano. Asimismo, el límite septentrional comprende La Sierra de Guanajuato, con los potentes grupos basales Los Alisos, San Juan de Otates y El Charape. También las potentes secuencias del Gneis Huiznopala, y Macizo de Teziutlán del Arqueano. Se concluye que la Faja Neovolcánica Transmexicana constituye la sutura final del Mar de Tethys, limitada por las secuencias primigenias de la corteza hasta el Holoceno. Palabras clave: Pangea, Mar de Tethys, FNTM, corteza primigenia, sutura.

## GET-18 CARTEL

### SENSORES LIDAR EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA GEOLOGÍA Y MINERÍA

García Dobarganes Bueno Juan Esteban<sup>1</sup>, Pérez Pérez Pablo Francisco<sup>1</sup> y Bartali Marchetti Roberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
 jdobarga@ugto.mx

La Tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) consiste en un sensor Láser aerotransportado (ALS) o terrestre (TLS) que permite obtener una nube de puntos georeferenciada del área objetivo, cada uno con sus coordenadas x, y, z, que puede corresponder a la superficie del material o a ecos o rebotes a diferentes elevaciones como sucede con la vegetación. Requiere de un Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) integrado, así como de un Sistema Inercial de Navegación (INS). El LiDAR aerotransportado (ALS) puede coleccionar una nube de puntos con una densidad de 0.02 a 45 puntos por m<sup>2</sup>, mientras que el LiDAR terrestre (TLS) puede obtener nubes de puntos con densidades de 100 a 250,000 puntos por m<sup>2</sup>, con lo que se generan modelos de 2.5D a 3D de muy alta precisión. El LiDAR utiliza archivos LAS o LAZ (versión comprimida) que registran los atributos de cada punto LiDAR: ubicación x, y, z, tiempo GPS, intensidad, número de retorno, cantidad de retornos, valores de clasificación de puntos definidos por la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), ángulo de escaneo, valores RGB adicionales, dirección de escaneo, borde de línea de vuelo, datos de usuario, Identificador de origen de puntos e información de forma de onda. La intensidad de retorno del pulso sirve de apoyo en la detección y extracción de entidades, en la clasificación de puntos LiDAR con códigos de clasificación ASPRS e incluso como pseudo imagen aérea cuando no se tiene alguna disponible. Los datos LiDAR se utilizan en la geología en diversas actividades, sobre todo en aquellas que requieren comparación de datos con ubicación muy precisa en momentos diferentes, como en el monitoreo de deslizamientos del terreno, movimiento de fallas activas o localización de estas, inicio de actividad volcánica y otros que implican cambios en la altimetría del terreno, entre otros. En el análisis estructural lo hemos utilizado tanto para definir la densidad del fracturamiento, como la orientación y datos geométricos de las estructuras y la longitud de estas. También para cartografiar unidades litológicas limitadas por estructuras o con características contrastantes, y zonas de alteración, en conjunto con ortoimágenes e imágenes satelitales, así como para el análisis morfométrico de detalle y en su aspecto regional, de definición de bloques morfotectónicos menores. En el ámbito de la minería se ha probado en bancos de material para determinar tanto prismas con posibilidad de caer como en determinar los distintos materiales presentes que correlacionan con calidad o con litologías diferentes. También para cálculo de volúmenes y monitorear terreros y presas de jales. Los datos LiDAR ALS, pero sobre todo TLS en alta resolución, son útiles también en Geología Estructural Aplicada y en Mecánica de Rocas en minería y obras civiles para determinar las características de las discontinuidades presentes sobre todo en taludes, llegando incluso a poder determinar las unidades geomecánicas de campo, su calidad geomecánica y las unidades geomecánicas finales, optimizando tiempos y sobre todo en muchos casos, la seguridad del personal.

## GET-19 CARTEL

### ETAPAS DE DEFORMACIÓN DEL GRABEN DE ENRAMADAS S.L.P.: RESULTADOS PRELIMINARES

Zárate Oscar Daniel<sup>1</sup>, Torres Hernández José Ramón<sup>2</sup> y Morales Gámez Miguel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Geología Aplicada, UASLP

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UASLP

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Área de Ciencias de la Tierra, UASLP  
 oskar.jurguen.zarate@gmail.com

El graben de Enramadas (GE) se localiza a ~30km al SE de la ciudad de San Luis Potosí; este graben forma, junto con los grabens de Villa de Reyes (GVR) y de Bledos, estructuras tectónicas extensionales conjugadas con orientaciones NW-SE y NE-SW en la parte sureste de la provincia fisiográfica de la Mesa Central (MC). El sistema NW-SE se asocia al GE y el sistema de orientación NE-SW al GVR. Las fallas que delimitan el GE cortan una secuencia volcánica perteneciente al denominado Complejo Volcánico de Santa María, emitida entre los 32 y 25 Ma. Esta secuencia incluye lavas e ignimbritas riolíticas, dacitas y traquitas. En la zona de estudio se han observado diques piroclásticos sub paralelos y oblicuos a las fallas que delimitan al GE y cortan toda la secuencia volcánica. Estos diques se asocian a la emisión de la denominada Ignimbrita Panalillo Inferior, que constituye una parte importante del relleno del GE, la cual solo es cubierta por un conglomerado polimictico. Los dos sistemas de fallas medidos en campo presentan las siguientes orientaciones: 1) El sistema de orientación NW-SE tiene como principal estructura la falla norte del graben de Enramadas, y dos fallas paralelas al sur de graben. Los planos de falla presentan indicadores cinemáticos (estrías, grietas, saltos, surcos, y acumulación de material) que documentan movimiento lateral izquierdo, al que se sobreimpone y/o cambia transicionalmente a normal. 2) Otro sistema tiene orientación NE-SW, en el cual se han documentado principalmente fallas, normales, y de manera más dispersa, fallas laterales. A partir del análisis cinemático-estructural de los dos sistemas de fallas que se documentaron en el área estudiada, se plantea que el proceso de apertura del graben de Enramadas, se asoció a una

etapa de deformación transtensiva, y en otra etapa de deformación, esencialmente extensional (o con una componente horizontal discreta) se formó el sistema de orientación NE-SW, paralelo al sistema de fallas que originaron el graben de Villa de Reyes.

## GET-20 CARTEL

### ¿UNA CALDERA VOLCÁNICA EN EL DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO? LOS DIQUES DEL ÁREA DE EL CUBO - CALDERONES

Martínez Reyes Juventino<sup>1</sup>, Vasallo Morales Luis Fernando<sup>2</sup>, García Dobarganes Bueno Juan Esteban<sup>1</sup> y Conejo Cortes María Rosario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla juvenino.martinez@ugto.mx

En los últimos tiempos se ha venido desarrollando el concepto de caldera-graben. Este tipo de estructuras son conocidas en muchas regiones del planeta, algunas de ellas relacionadas con mineralización de tipo hidrotermal. En México este concepto ha sido aplicado, entre otros, al Distrito Minero de Bolaños, Jal. que se localiza en el graben del mismo nombre (Aguirre-Díaz y Labarthe, 2003). En el Distrito Minero de Guanajuato, la idea de la existencia de una caldera volcánica relacionada con la mineralización económica de edad cenozoica en esta región ha sido relacionada con el magmatismo del Oligoceno. Se ha establecido también mineralización de edad mesozoica de tipo sulfuros masivos y en vetas (García Dobarganes et al., 1991). En el Distrito Minero de Guanajuato el magmatismo oligocénico se ha manifestado por el depósito de una serie de unidades clásticas, volcánicas y piroclásticas que se suceden sobre el Conglomerado Guanajuato: la Arenisca Loseros, la Ignimbrita Bufo de composición riolítica, la Ignimbrita Calderones de composición andesítica, la Andesita El Cedro y la Riolita Chichindaro que tiene su localidad tipo en el domo que da lugar al cerro Chichindaro. En el área aparece también el Intrusivo Peregrina, cuerpo hipoabisal dacítico que se ha relacionado con la Riolita Chichindaro. En el Distrito Minero de Guanajuato, especialmente en el área de El Cubo-Calderones, aflora una serie de diques representados por dos tipos de rocas: los primeros, de composición andesítica, casi verticales, con diversas orientaciones, con espesores del orden del metro a la decena de metros, y longitudes de decenas de metros a algunos kilómetros. Estos diques han sido considerados como los alimentadores de la Andesita El Cedro. Los segundos, que damos a conocer por primera vez mediante este resumen y que es el propósito principal de este trabajo, son de espesores y longitudes moderadas, con diversas orientaciones y esencialmente verticales. Su particularidad es que están compuestos por materiales piroclásticos andesíticos de diversas granulometrías que se pueden describir como diques ignimbriticos. La interpretación que les damos a estos diques ignimbriticos andesíticos es que representan conductos de las efusiones piroclásticas tardías relacionadas con el origen de la Ignimbrita Calderones. Concluimos además que en el marco de la existencia de una caldera o caldera-graben relacionada con la mineralización oligocena del Distrito Minero de Guanajuato, son necesarios trabajos más exhaustivos y regionales. En el Distrito Minero de Guanajuato las estructuras en graben y circulares (¿calderas?) son comunes y los domos riolíticos son abundantes.

## GET-21 CARTEL

### CENOZOIC STRIKE-SLIP TECTONICS UNDER THE EXTENSIONAL REGIMES IN THE QUERÉTARO AND CONTIGUOUS REGION, CENTRAL MEXICO

Xu Shunshan<sup>1</sup>, Nieto Samaniego Ángel Francisco<sup>1</sup>, Alaniz Álvarez Susana A.<sup>1</sup>, Escutia-Saucedo Yazmin<sup>1</sup>, Loza-Aguirre Isidro<sup>2</sup> y Núñez-Silvar David E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato xsu@geociencias.unam.mx

The strike-slip fault systems existing within the extensional tectonics have been widely reported in the world. This study uses digital elevation model (DEM) and detailed field data to investigate the occurrence of strike-slip faults in the Querétaro and contiguous region (longitude 99°45'-101°15' W, latitude 19°45'-21° N). The study area is located in the boundary of three geological provinces such as the Sierra Madre Occidental Volcanic Province, the Sierra Madre Oriental, and the Transmexican Volcanic Belt. Three sets of Cenozoic faults developed in the northern part of the study area: N-S, NW and ENE-NE, whereas two sets are found in the southern part: NNW, ENE-EW. The N-S and NNW trending faults belong to the Taxco-San Miguel de Allende fault system, which belongs to the southern extension of the Basin and Range tectonics. The ENE trending faults are related to the ~N-S extension mainly occurred in the Transmexican Volcanic Belt. On the other hand, the NW trending faults may be related to the gravitational collapse of the Laramide orogenic belts. Although the most faults are normal faults, a few of strike-slip faults are recognized. The following criteria were used to determine sense of fault movement: 1) slickenlines and steps on the faulted surfaces, 2) horizontal displacements of previous structures and/or streams, and 3) reverse apparent dip-displacements in the vertical sections. Three active events of the strike-slip faults

can be inferred: late Eocene to Oligocene, Miocene and Quaternary. The mechanism of the strike-slip faults can be explained by the reactivation of pre-existing fractures under two extensional regimes in the study region.

## GET-22 CARTEL

### GEOLOGÍA, ESTRATIGRAFÍA Y PRODUCCIÓN DE CALOR RADIOACTIVO EN EL GRABEN DE SANTIAGO PAPASQUIARO, DGO.

Castillo Reynoso Juan Carlos<sup>1</sup>, Ferrari Luca<sup>2</sup>, Levresse Gilles<sup>2</sup> y Loza Aguirre Isidro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM, sede Centro de Geociencias, campus Juriquilla, Qro.

<sup>2</sup>Centro de Geociencias UNAM, campus Juriquilla, Qro.

<sup>3</sup>Universidad de Guanajuato jccr@geociencias.unam.mx

El graben de Santiago Papasquiario es una estructura de dirección NNW-SSE en el límite Este de la Sierra Madre Occidental (SMO) en Durango, cuya terminación norte intersecta el sistema de fallas NW-SE San Luis-Tepehuanes. En esta región se encuentran manifestaciones termales de hasta 75 °C no asociadas a volcanismo reciente, ya que el volcanismo silícico más joven es del Oligoceno. El origen del calor anómalo en la zona no ha sido explicado, sin embargo, se plantea la hipótesis de que esté asociado a decaimiento radiactivo de radioelementos (U, Th y K) presentes en las rocas silícicas de la SMO en la corteza superior y, en menor medida, al flujo de fluidos a través de estructuras tectónicas corticales. Para dar explicación al calor anómalo en la región, en el marco del proyecto PAPIIT IV100117 se ha reconstruido la estratigrafía y elaborado una cartografía geológico-estructural del graben de Santiago Papasquiario, apoyado con geocronología de U-Pb en zircones. Adicionalmente, se han llevado a cabo mediciones in-situ de radioelementos con un analizador portátil en las distintas unidades volcánicas y sedimentarias. Las unidades litológicas que conforman la columna estratigráfica del graben se han agrupado en siete paquetes. La base de la columna consiste en una sucesión predominantemente siliciclástica del Cretácico Superior, la cual se encuentra cubierta por depósitos piroclásticos del Eoceno temprano-Oligoceno temprano, que a su vez se encuentran coronados por derrames de lava y domos riolíticos del Oligoceno. En la porción norte, afloran rocas volcánicas e intrusivas de composición intermedia del Eoceno-Oligoceno (?), cubiertas por areniscas y conglomerados y coronadas una sucesión de depósitos piroclásticos del Oligoceno. Una sucesión sedimentaria clástica se encuentra rellenando el graben. Esta unidad, a diferencia de las unidades anteriores, no se encuentra afectada por la deformación extensional dominante en la región. La unidad volcánica más joven está representada por pequeñas coladas basálticas del Mioceno tardío al interior del graben. Las mediciones de rayos gamma con el analizador portátil revelan que valores altos de concentraciones de radioelementos se encuentran asociados a las lavas riolíticas y en menor medida a ignimbritas distribuidas a lo largo del graben. Sin embargo, los depósitos sedimentarios pre-ignimbriticos muestran puntualmente las concentraciones más altas de toda el área. De hecho en la sucesión sedimentaria del Cretácico Superior se encuentran horizontes de areniscas finas y limolitas con alto contenido de materia orgánica y concentraciones de hasta 1200 ppm de U. Los contenidos de radioelementos permitieron calcular la producción de calor en las distintas unidades cartografiadas. La producción de calor anómalamente alta en las rocas del área de estudio es comparable con rocas graníticas reconocidas como productoras de calor radioactivo en otras partes del mundo (p. ej. en el sureste de Australia). Esto confirma la hipótesis que las anomalías térmicas pueden estar ligadas al calor producto del decaimiento radiactivo que se acumula bajo sedimentos de baja conductividad térmica.

## GET-23 CARTEL

### GEOLOGICAL STUDY OF JUCHIPILA GRABEN AND RADIOACTIVE HEAT PRODUCTION OF IGNI MBRITES: AN EXAMPLE OF UNCONVENTIONAL GEOTHERMAL RESERVOIR

Martínez Resendiz Emma Vanesa, Ferrari Luca y Orozco Esquivel Teresa

Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

emma.vanesa@ciencias.unam.mx

The NNE-SSW trending Juchipila graben, located the southeastern part of the Sierra Madre Occidental (SMO) formed in the initial stage of the lithosphere extension that led to the opening of the Gulf of California. Despite no silicic volcanic activity occurred after 23 Ma, the graben is characterized by hot springs with temperatures between 35 and 74 °C and elevated heat flow values of 90-200 mW/m<sup>2</sup>. This suggests the possible existence of an unconventional geothermal reservoir related to heat producing isotopes (U, Th y K) in the subsurface geologic units. We carried out a geologic and U-Pb and Ar-Ar geochronology study, measured abundances of heat producing isotope and estimated heat production in ignimbrites and rhyolitic lavas of the graben. Our study indicates the presence of ten units which can be grouped into: 1) pre-extensional units (48.1-32.71 Ma) including andesitic lava flows, siliciclastic sandstones and ignimbrites from distal sources; 2) syn-extensional units, consisting of pyroclastic fall and flow deposits, previously dated at ~25.5 Ma by fission track in zircones, for which we obtained 7 U-Pb and Ar-Ar ages in the range 30.3-29.0 Ma. Capping these pyroclastic units are Na-alkaline basaltic lavas with Ar-Ar age of 25.9 Ma that were vented from the graben border faults; 3) post-extensional

rocks consisting of ash flows deposited inside the NE part of the graben (~24 Ma), intra-graben sediments (max age of deposition ~20 Ma) and sub-alkaline basaltic lava flows (13-11 Ma) that filled the southern part of the graben damming the drainage and causing the formation of a lake whose sediments have U-Pb ages of 6.95- 5.59 Ma. Minor faulting and tilting of the lacustrine sediments in the southern termination of the graben point to a tectonic reactivation in this area adjoined to the Trans-Mexican Volcanic Belt, which reorganized the drainage allowing the partial erosion of the graben filling. Heat production in the ignimbrites decrease with age, with distal ignimbrites of the first group showing the highest values (4.84-3.34  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ) followed by the syn-extensional ignimbrites (3.22-1.93  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ). Post-extensional rocks show relatively low values of heat production (1.82-1.39  $\mu\text{Wm}^{-3}$ ). Once corrected for the rock density, the highest values observed in Juchipila ignimbrites are comparable with those reported in the literature for heat-producing granites of Australia, Saudi Arabia and Slovakia. Funded by grant PAPIIT IV100117

## GET-24 CARTEL

### ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DEL TRANSECTO JALPA, CENTRO-NORTE DEL GRABEN DE JUCHIPILA, SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Cadena Larriva Michelle<sup>1</sup>, Loza-Aguirre Isidro<sup>1</sup> y Ferrari Luca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato  
<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM  
nollydana@hotmail.com

Se realizó la cartografía geológico-estructural regional de un transecto ubicado en la porción centro-norte del Graben de Juchipila, dentro de los estados de Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco, sureste de la Sierra Madre Occidental. El Graben de Juchipila es una de las estructuras de la llamada Provincia del Basin and Range mexicano, posee un rumbo promedio N20°, una longitud aproximada de 120 km y ancho de 10 – 20 km. Tomando como base la cartografía del SGM, se revisaron los cortes en los caminos que surcan el transecto y se encontró que la columna estratigráfica del área de estudio comprende 19 unidades litológicas, 14 de ellas asociadas a volcanismo y 5 unidades sedimentarias. La secuencia de las rocas que afloran en el área de estudio son las siguientes: andesitas, arenas y conglomerados intercalados con depósitos piroclásticos, previos a la deformación del graben, domos riolíticos, tobas, ignimbritas y cenizas intercaladas con basaltos del Oligoceno al Mioceno, lacustres y conglomerados recientes. Para el estudio estructural se tomaron durante el trabajo de campo mediciones estructurales tales como: fallas, datos de estratificación, flujos de riolitas y lavas basálticas. Todo esto con la finalidad de realizar análisis geométrico y cinemático, los cuales ayudarán a entender la geometría de las estructuras para establecer la forma del graben, así como el desplazamiento de las mismas. Este trabajo se desarrolló dentro del proyecto PAPIIT IV100117, titulado: "Energía geotérmica no convencional en México: un estudio interdisciplinario en la parte suroriental de la Sierra Madre Occidental", que tiene como objetivo evaluar dos áreas de interés geotérmico no convencional asociados a volcanismo silíceo en la parte sureste de la Sierra Madre Occidental.

## GET-25 CARTEL

### REVISIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y ESTRATIGRAFÍA DEL SECTOR ORIENTAL DEL BLOQUE DE LOS CABOS, BAJA CALIFORNIA SUR PARA DEFINIR LA EDAD DEL SISTEMA DE FALLAS DE LOS CABOS Y LAS CUENCAS DE LOS BARRILES Y SAN JOSÉ DEL CABO

Gutiérrez Navarro Rodrigo<sup>1</sup>, Ferrari Luca<sup>2</sup>, Abdullin Fanis<sup>2</sup> y Ishiki Pérez Hiromi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, sede Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

<sup>2</sup>Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

<sup>3</sup>Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias UNAM, campus Juriquilla, Qro.  
rgutierrez@geociencias.unam.mx

Se presenta un mapa compilatorio escala 1:100 000 de la parte oriental del Bloque de Los Cabos, que incluye el sistema de fallas de Los Cabos (SFLCB) y las cuencas asociadas a esta estructura cortical mayor que limita la terminación suroeste del rift del Golfo de California (cuencas de Los Barriles y San José del Cabo). El trabajo representa el resultado inicial del proyecto PAPIIT IN IN108819 "Historia Tectónica de la Falla San José del Cabo y de la Cuenca de Los Cabos en el contexto de la extensión litosférica del Golfo de California". El mapa geológico está basado en observaciones de campo, nuevas edades U-Pb en circones (ígneos y detríticos), Ar-Ar en hornblenda y biotita, así como de trazas de fisión en apatitos, que se integraron a la información cartográfica y geocronológica publicada. El bloque de piso del SFLCB está constituido por un complejo metamórfico intrusivo por un ensamble plutónico conformado por granitoides-tonalítico-dioríticos asociados al batolito peninsular del Cretácico Tardío. La actividad del SFLCB ha generado dos cuencas principales. En la parte norte la Cuenca Los Barriles tiene depósitos con edades paleontológicas del Mioceno Tardío al reciente depositados en un medio graben formado por la actividad del detachment Los Barriles. En el centro y sur del área se encuentra la Cuenca San José del Cabo, con un registro sedimentario fechado paleontológicamente al Mioceno Tardío y cuyo depósito fue controlado por la actividad de la Falla de San José del Cabo, que podría también ser una falla de detachment. El inicio de la actividad del SFLCB no está bien definido ya que en la literatura se han propuesto tanto edades de 10-12 Ma como de ~18

Ma. Para tratar de establecer con más precisión el inicio y evolución temporal de la actividad de la falla de San José del Cabo se fecharon circones detríticos de las formaciones sedimentarias más antiguas de la cuenca (Fm. La Calera, Fm. El Refugio y Fm. La Trinidad). Sin embargo, todos los circones fechados dieron edades correspondientes al complejo plutónico del bloque de piso y del bloque de techo del SFLCB (en gran mayoría entre 90 y 70 Ma), confirmando que se trata de un semi-graben completamente encerrado por el batolito de Los Cabos. También se fecharon unidades volcánicas que cubren al batolito en la parte norte de la cuenca de San José del Cabo, que se habían tentativamente asignado al Mioceno en trabajos anteriores. Sin embargo, estas unidades también produjeron edades Cretácico tardío, lo que confirma la similitud del Bloque de Los Cabos con el Bloque Jalisco. La historia de exhumación a lo largo del SFLCB se está reconstruyendo por medio de termocronología de baja temperatura (Ar-Ar en biotita y feldespato, trazas de fisión y U-Th(He) en apatitos y circones) así como estudios geobarométricos que se presentarán en un trabajo futuro.

## GET-26 CARTEL

### EVIDENCES OF CRUSTAL EXTENSION AT THE JALISCO TRIPLE POINT FROM MAGNETOTELLURIC AND POTENTIAL FIELD DATA

Arbolea Zapata Mauricio<sup>1</sup>, Romo Lozano Héctor Manuel<sup>2</sup> y Arzate Flores Jorge Arturo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Potsdam, Institute of Geosciences

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
arbolea@geo.uni-potsdam.de

The Jalisco Block is a continental microplate produced by the extension along two large structures: the Tepic-Zacoalco rift (TZR) and the Colima rift (CR). These extensional systems converge at the Chapala rift forming a triple junction located 50 km southwest of Guadalajara, Mexico. The present study focuses on investigating the deep and surface structures of the north Colima and eastern Zacoalco grabens close to the Guadalajara triple junction (GTJ). We measured along two magnetotellurics (MT) profiles that cut perpendicularly the TZR (profile ZAC), and the northern Colima graben (profile SAY) comprising a total of 24 broad band MT soundings. The ZAC profile has 11 stations and has a NE orientation, and the SAY profile has 14 station and oriented E-W. Standard processing and editing procedures were completed. Distortion analysis was applied to the MT data set in order to define the dimensionality and electric strike of the separated profiles. Static shift was corrected using geology information to classify the different types of geologic terrains and averaging those soundings located over the same lithology. The tensor dimensionality analysis show that the earth behaves mainly as 3D ground in the zone of the SAY profile, and approximately 2D in the area of the ZAC profile. The average regional geoelectric strike azimuth are -4° and -48° respectively, consistent with the mapped surface structures in the area. All soundings were rotated to the respective regional strike and a 2D simultaneous inversion of the transverse electric (TE) and transverse magnetic (TM) modes were performed. The RMS average fitting error yielded 3.2% for ZAC profile and 3.7% for SAY profile. The resulting model profiles exposes a shallow, 1.5 to 2.5 km thick conductive zone north of the Colima Rift and south of the Zacoalco rift, which is interpreted as lacustrine and fluvial sediments, combined with mineralized conductive preexisting basement at deeper depths due to hydrothermal activity. The resistivity images across the graben structures show a faulted resistive upper crust, 30 to 40 km thick, that is reliably correlated with mapped surface structures although not completely. The high conductivity anomalies at lower crustal depths in both profiles (SAY and ZAC) highlight the possibility of potentially permeable zone of conductive ascending fluids. We find that the brittle-ductile boundary could be established at ~35 km depth from a clear resistivity change. Close to the triple point we observe a structural horst that separates the Zacoalco and Citalá grabens in the northernmost sector of the Colima graben. We propose a conceptual model based upon our results.

## GET-27 CARTEL

### DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA FALLA TECOMATLÁN Y SUS IMPLICACIONES EN EL DISTRITO NOCHIXTLÁN, OAXACA

García Hurtado María Fernanda<sup>1</sup>, Hernández Treviño José Teodoro<sup>1</sup>, Rosado Fuentes Alejandro<sup>2</sup>, Arciniega Ceballos María Alejandra<sup>1</sup> y Peña Guerrero Mariana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
garcia.hf@ciencias.unam.mx

La Falla Tecamatlán, nombrada en otras literaturas como Cuesta de Etlatongo y como Falla San Francisco Jaltepetongo I, se encuentra ubicada en el Distrito Nochixtlán, Oaxaca, a aproximadamente 18.5 Km de la Falla Tamazulapan. La traza de la falla tiene una longitud aproximada de 10 Km, afecta a las rocas del Terreno Oaxaca y está expuesta en las localidades de San Mateo Etlatongo, San Francisco Jaltepetongo, y San Miguel Tecamatlán; en este último es donde se presenta la exposición más clara de la falla. En la literatura ha sido identificada como una falla normal, tanto por su morfología como por su contexto estructural, debido a que se encuentra dentro del régimen extensional del Graben Nochixtlán y está rodeada de fallas normales. Aquí presentamos datos estructurales y relaciones

de campo que indican una cinemática de falla inversa, resultando la única falla de este tipo reportada dentro del graben. La Falla Tecamatlán tiene una orientación NNE-SSW, con inclinación variable pero superior a los 40° y está siendo a su vez cortada por fallas laterales que cambian la dirección de los bloques fallados. La falla pone en contacto al Conglomerado Tecamatlán y al Complejo Oaxaqueño en la zona sur y centro de la falla (localidades San Francisco Jaltepetongo y San Miguel Tecamatlán), y en la zona norte de la falla (localidad San Mateo Etlatongo), pone en contacto a las areniscas calcáreas y al Complejo Oaxaqueño. En este estudio se aplicaron herramientas de información geográfica y se realizó una exploración geológica extensiva de la falla, incluyendo la descripción petrográfica de las litologías involucradas. Nuestras observaciones destacan la importancia de su estudio para obtener una interpretación clara del origen de la falla y su contexto geológico.

## GET-28 CARTEL

### ESTRUCTURAS Y MICROESTRUCTURAS DEL CINTURÓN SERPENTINITICO DE TEHUITZINGO EN EL COMPLEJO ACATLÁN, PUEBLA

Garduño Torres Israel David<sup>1</sup>, Fitz Díaz Elisa<sup>2</sup> y Colás Vanessa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, Instituto Politécnico Nacional

<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
israel\_torres\_95@yahoo.com.mx

El Cinturón Serpentinítico de Tehuitzingo (CST) se encuentra ubicado en el estado de Puebla y pertenece a la Suite Piaxtla, la cual incluye a las rocas de alta presión del Complejo Acatlán. Este cinturón tiene 8 kilómetros de longitud, 800 metros de anchura y una orientación N-S. A pesar de que se han realizado numerosos estudios especializados en el CST, todavía se carece de un análisis estructural detallado que permita entender el desarrollo de las fábricas tectónicas y la mineralogía que en ellas se observa, en particular de los polimorfos de serpentina. Este estudio se enfoca en la parte central del CST, donde se hicieron observaciones a escala desde kilométrica, documentadas en un mapa geológico detallado, hasta microscópicas, en lámina delgada. En todas las escalas se observan geometrías y relaciones de sobreposición de estructuras y fábricas complejas. Así, se documentó la orientación de foliaciones (S1 penetrativa, S2 espaciada y S3 tardía, asociada a zonas de falla cataclásticas que cortan a las foliaciones anteriores), lineaciones, fracturas y fallas, las cuales se analizaron con el programa Orient. Las foliaciones penetrativas S1 tienen rumbo NNE-SSW, y están cortadas por una foliación espaciada S2 con rumbo NW-SE. En algunas regiones la foliación penetrativa presenta una dirección paralela a S2, a causa de plegamiento isoclinal. Los polos de las lineaciones definen una guirnalda con rumbo N10°E, paralela al rumbo de S1. La foliación S3, con rumbo preferencial N15°W, se localiza en la zona de falla inversa que se ubica en el contacto occidental entre el cuerpo serpentinitico y las metapsamitas/metapelitas (Fm. Cosoltepec). S3 también coincide con fallas laterales kilométricas con rumbo WSW-ENE, que atraviesan al cuerpo serpentinitico. Varias familias de fracturas mostraron patrones complejos, no obstante, se reconocieron pares conjugados con direcciones 30°NE y 30°NW. Se realizó un análisis petrográfico y microestructural, así como la identificación de los polimorfos de serpentina utilizando microscopio electrónico de barrido (SEM) y espectroscopia por dispersión Raman. La serpentina que dominaba en la foliación S1 son cristales aciculares de antigorita y cristales entre antigorita y lizardita, mientras que en las partes no deformadas (bloques rígidos) es lizardita. La foliación espaciada S2 presenta un cambio textural, con el desarrollo de estructuras S-C y microplegamiento. La lizardita también es común en la foliación S3. El análisis de las estructuras, microestructuras y el tipo de polimorfo de serpentina sugieren que el CST se formó bajo condiciones de presión < 4 kbar y temperatura entre 200 y 300°C, lo que permitió la formación de lizardita dentro de los bloques rígidos. Posteriormente, pudo sufrir una deformación en facies de esquistos azules y/o eclogita entre 10-12 Kbar y > 400°C, formando antigorita acicular relacionada a la foliación S1 alrededor de los bloques rígidos. La presencia de granates retrogradados en rocas incluidas en las serpentinitas, así como el remplazamiento parcial de antigorita por lizardita en la fábrica constituida por S1-S2 sugieren una retrogresión en facies de esquistos verdes (< 6Kbar y 350°C).

## GET-29 CARTEL

### RESULTADOS PRELIMINARES DE LA PETROLOGÍA Y GEOCROLOGÍA DE INTRUSIVOS AL SUR DE LA SIERRA DE TAMAULIPAS (PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA)

Castellanos Olvin<sup>1</sup>, Peña-Alonso Tomás<sup>2</sup>, Loza-Aguirre Isidro<sup>1</sup> y Abdullin Fanis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas

<sup>3</sup>Cátedras CONACYT - Centro de Geociencias UNAM  
olvincastellanos23@gmail.com

La Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM) representa una región de actividad magmática con una historia larga y compleja. Esta es constituida por rocas ígneas de composición predominantemente alcalina. Las rocas de la PAOM se distribuyen como un cinturón de orientación NNW-SSE de ~ 1500 km de longitud. En Tamaulipas, la PAOM está definida por las sierras de San Carlos y Tamaulipas. Como la Sierra de Tamaulipas (ST) aparentemente concentra un mayor número de afloramientos y relaciones de contacto asociados a la generación y emplazamiento

de la PAOM con respecto a la sierra de San Carlos, se propuso enfocar los estudios en este complejo. La Sierra de Tamaulipas (ST) tiene una topografía escarpada con un drenaje radial que ha pro-movido una disección intensa en los afloramientos. La ST está esencialmente formada por rocas calizas cretácicas en estratos levemente inclinados. El conjunto del macizo constituye un domo anticlinal regular con un radio de curvatura grande. La ST está constituida por seis formaciones cuya litología dominante es caliza. Las calizas duras y macizas que dominan los estratos del Cretácico Inferior y Cretácico medio afloran sobre todo en el centro de la sierra. El objetivo principal de este trabajo es contribuir a la caracterización del magmatismo cenozoico de la PAOM a partir del estudio del modo de emplazamiento de intrusivos de la ST, de análisis petrográficos y de fechamientos isotópicos por el método U-Pb en circon. De acuerdo con los análisis petrográficos, se pueden distinguir dos series magmáticas. Una serie sobresaturada, constituida por riolitas alcalinas de estructura traquítica (serie 1); y una segunda serie sobresaturada, a menudo sódica, constituida por traquitas, sienitas, fonolitas y traquifenolitas de egrina (serie 2). La mayoría de los intrusivos de ambas series fueron emplazados en las calizas bajo la forma de sills o de lacolitos. Las riolitas las reportamos en el flanco oriental de la ST y forman una serie de domos al centro del macizo bajo la forma de sills. De las muestras ya analizadas se obtuvieron edades de 38.38 ± 0.11 Ma (circon, muestra ST-02) y 41.75 ± 0.28 Ma (titanita, muestra ST-06). La muestra ST-06, pertenece a la serie sobresaturada (serie 2), corresponde a una roca granodiorítica. En muestra de mano vemos que es una roca leucocrática con textura porfídica. En sección delgada, se observó una textura holocristalina inequigranular, con fenocristales de augita (egirina) euhedrales poco alterados y cristales de cuarzo subeuhedrales poco alterados en una matriz de plagioclasa. La muestra ST-02, igualmente pertenece a la serie sobresaturada y corresponde a una sienita. En muestra de mano se nota una textura perlítica equigranular. En sección delgada, se observa una textura granular, con cristales tabulares de biotita y augita poco alterados, cristales de plagioclasas y ortoclasas euhedrales alterados. Trabajo financiado por proyecto PRODEP de Apoyo a Profesores de Tiempo Completo UAT-PTC-215.

## GET-30 CARTEL

### CARTOGRAFÍA Y ESTRUCTURA REGIONAL DEL TRANSECTO PAPANLATLA - TUXPAN, CUENCA DE CHICONTEPEC, ESTADOS DE HIDALGO, PUEBLA Y VERACRUZ

Bustos Díaz Silvia Osiris<sup>1</sup>, Loza-Aguirre Isidro<sup>2</sup>, Sierra Rojas María Isabel<sup>3</sup> y Corbo-Camargo Fernando<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato, UGto

<sup>3</sup>Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

<sup>4</sup>Centro de Geociencias, UNAM

osirisbd27@gmail.com

La cuenca de Chicontepec se ubica geográficamente en el centro-oriente de la República Mexicana sobre la planicie costera del Golfo de México, entre los estados de Veracruz, Puebla e Hidalgo, geológicamente en la cuenca Tampico-Misantla y comprende un área de 11300 km<sup>2</sup>. La cuenca Chicontepec se formó en el Paleoceno-Eoceno, se dice que es una cuenca de ante país, cuyo origen se asocia al levantamiento de la Sierra Madre Oriental y la rotación de la Plataforma de Tuxpan durante la Orogenia Laramide. La dirección de aporte de los sedimentos que rellenaron la cuenca fue principalmente de oeste-este. En el marco del proyecto CONACYT Fronteras de la Ciencia #1787, titulado "Un acercamiento a los Yacimientos No Convencionales a partir de métodos electromagnéticos de exploración", se elaboró un mapa Geológico-Estructural de la parte centro-norte de la cuenca Chicontepec, entre Papatlatla, Hidalgo, y Tuxpan, Veracruz, tomando como base la cartografía del SGM, que se complementó y corrigió donde fue necesario con datos recabados en recorridos por los principales caminos del área de estudio. En consonancia con el soporte al trabajo del Geofísica del proyecto, en la cartografía se puso énfasis en la identificación y delimitación de unidades volcánicas e intrusivas. En la porción occidental del área de estudio, al oeste de Atlapexco, afloran calizas cretácicas de la Fm. San Felipe, éstas se observaron con un rumbo NW-SE y buzando preferentemente hacia NE. Las rocas cretácicas presentan plegamiento de rumbo predominante NW-SE, y una población menor de pliegues de rumbo NE-SW, además de fallamiento de rumbo predominante NE-SW, y en menor cantidad de rumbo SW-NE. Todo el centro y parte del occidente del área de estudio se caracteriza por afloramientos de la Fm. Chicontepec, una intercalación de lutita y arenisca del Cenozoico temprano. En la porción más noroccidental del área, en los afloramientos más próximos al contacto con las calizas del Cretácico se observa a la Fm. Chicontepec con rumbo NW-SE buzando al NE, mientras que al alejarse de las rocas cretácicas cambia el rumbo a NE-SW, con buzamiento hacia el NW. En la región Atlapexco-Chicontepec-Guásima, poco más cercano al centro del área, mantiene un rumbo NE-SW pero el buzamiento predominante es hacia el SE. En esta unidad se midieron pliegues de rumbo NW-SE pero, así como en las calizas cretácicas, también presentan una población menor de rumbo NE-SW. También la Fm. Chicontepec presenta fallamiento de rumbo NE-SW y NW-SE, principalmente en la porción que se ubica al oeste de Chicontepec. Las formaciones, Guayabal, Tantoyuca, Palma Real, Mesón y Tuxpan, todas posteriores a la Fm. Chicontepec, se observan subhorizontales, esto es, no presentan evidencias de deformación. Se tomaron muestras de rocas intrusivas cerca de los poblados de San Fernando, Solís Allende e Ixcacuatitla, estas reportadas por el SGM como Oligoceno-Mioceno, y se están procesando actualmente para obtener edades por el método U-Pb en circones.

## GET-31 CARTEL

## GEOLOGÍA Y ESTRUCTURA REGIONAL DEL TRANSECTO HUEHUETLA - GUTIÉRREZ ZAMORA, CUENCA DE CHICONTEPEC, ESTADOS DE HIDALGO, PUEBLA Y VERACRUZ

Solís Orduña Lesly Madeleim<sup>1</sup>, Loza-Aguirre Isidro<sup>2</sup> y Corbo-Camargo Fernando<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM  
leslysolis96@gmail.com

La cuenca de Chicontepec se sitúa en la porción oriente - centro de México, dentro de la provincia geológica de Tampico - Misantla. Esta es considerada una cuenca de antepaís, resultado de la presión de la carga del frente del orógeno de la Sierra Madre Oriental emergido, cabalgado y plegado hacia el noreste, sobre el basamento jurásico – Cretácico, contra la isla de Tuxpan al este, durante los esfuerzos tectónicos de la orogenia Laramide, aunado a subsidencia termal. En este proyecto se realizó la cartografía geológico - estructural del transecto Huehuetla – Gutiérrez Zamora, en la Cuenca de Chicontepec, haciendo énfasis en la identificación y delimitación de estructuras volcánicas, derrames e intrusiones, tanto someras, como diques y sills, así como intrusiones más profundas, que generan distorsiones en las mediciones geofísicas tradicionales en exploración petrolera, como la sísmica. El área de estudio abarca un rectángulo de una extensión territorial de 374.34 km comprendido entre Huehuetla, en el estado de Hidalgo, y Gutiérrez Zamora, Veracruz. La columna estratigráfica está compuesta rocas del Cretácico que son las calizas de las formaciones Tamaulipas, Agua Nueva, San Felipe y lutitas de la Fm. Méndez, y el Cenozoico con las formaciones Chicontepec, Guayabal, Chapopote, Tantoyuca, Palma Real, Mesón, Escolón y Tuxpan. Durante el trabajo de campo se tomaron datos estructurales en las distintas formaciones dentro del área de estudio como estratificación, pliegues y fallas. El análisis geométrico de las estructuras medidas en el área de estudio evidencia la presencia de diferentes orientaciones: en rocas carbonatadas cretácicas no se encontró una dirección preferencial en el plegamiento, los planos axiales presentan rumbos diferentes; en la Formación Méndez las estructuras medidas presentan una orientación NW-SE, que pudiera explicarse por una dirección de acortamiento NE-SW, la Formación Chicontepec sus planos axiales tienen un rumbo NW-SE y su dirección de acortamiento es NE-SW. En la zona Tihuatlán – Papantla, parte oriental del área de estudio, las formaciones posteriores a Chicontepec no presentan deformación, los estratos se encuentran horizontales. En rocas cretácicas las fallas tienen una orientación predominante NW-SE mientras que en la Formación Chicontepec se identificaron dos sistemas de fallas, en la zona Huehuetla – Pantepec, porción centro-occidente del área de estudio, se midieron fallas con una orientación SW-NE, mientras que en la zona Xicotepc- Venustiano Carranza, en el centro-suroeste del área, predominan las fallas con un rumbo preferente NW-SE. Se encontraron afloramientos de rocas intrusivas en el borde occidental de la cuenca, reportadas por el SGM como de edad cenozoica, actualmente se están procesando muestras colectadas de dichos intrusivos para obtener fechamientos isotópicos por el método de U-Pb en zircones. Este trabajo se desarrolla como parte del proyecto CONACYT Fronteras de la Ciencia # 1787 titulado “Un acercamiento a los Yacimientos No Convencionales a partir de Métodos Electromagnéticos de exploración”.

## GET-32 CARTEL

## REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DEL PULL-APART DE IXTAPA

Serrano López Gabriel<sup>1</sup>, Fitz Díaz Elisa<sup>2</sup> y Hernández Vergara Rogelio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología UNAM  
gabotrop@gmail.com

El pull-apart de Ixtapa (PAI) es una cuenca invertida que se ubica en el centro del estado de Chiapas, dentro de la Provincia de Fallas Transcurrentes (PFT). Sus límites están definidos por dos fallas laterales, al norte por la falla Falla Chicoasén-San Cristóbal (CSC) y al sur por la falla Malpaso-Aztlán (MA), ambas con una orientación NW-SE. La cuenca tiene una forma romboidal alargada con 60 km de largo y 10 km de ancho, y preserva un registro estratigráfico con rocas del Cretácico medio hasta el Pleistoceno, incluyendo a las formaciones: Sierra Madre (Cenomaniano-Campaniano), Angostura (Santoniano-Maestrichtiano), Soyalo (Paleoceno), Lomut (Eoceno medio-Eoceno superior), Mompuyil (Oligoceno), rocas carbonatadas y siliciclásticas de plataforma (Mioceno inferior), Grupo Río Hondo (Mioceno medio), Formación Ixtapa (Mioceno superior-Plioceno inferior) y depósitos volcánicoclásticos (Pleistoceno), este registro permite analizar la relación entre la actividad de las fallas y depósitos sintectónicos. Se realizó una revisión de la configuración del PAI mediante cartografía geológica, la elaboración de secciones y el análisis cinemático y estadístico de fallas. Planos de falla subverticales de los sistemas CSC y MA, tienen una orientación N80W y N45W y estrías con cinemática dextral y sinistral. Estos planos de falla han registrado mecanismos focales de sismos sinestrales. Ambas fallas afectan a capas de edad Paleoceno hasta el Mioceno superior, las cuales muestran patrones de deformación compleja que se han interpretado como estructuras en flor. Por otra parte, se identificaron dos sistemas de fallas lateral derecho de orientación N40E y N75E y fallas normales con orientación N20E, cuya cinemática es consistente

con transurrencia dextral a escala de la cuenca. Observaciones detalladas en cuatro columnas levantadas en las formaciones Lomut, Mompuyil, Grupo Río Hondo y Fm. Ixtapa, permitieron definir los ambientes sedimentarios en los cuales se depositaron estas unidades. Adicionalmente, el análisis de microfacies de rocas carbonatadas y conteo de puntos en secuencias conglomeráticas seleccionadas permitieron identificar cambios de facies, los cuales se agrupan de la siguiente forma: 1) plataforma carbonatada a talud (Cretácico medio al Paleógeno); 2) talud rico en terrígenos (Paleoceno) en contacto discordante con 3) plataforma carbonatada con influencia de terrígenos (Eoceno); 4) plataforma, ambientes costeros y deltáicos (Oligoceno al Mioceno inferior) en discordancia con 5) lechos rojos continentales (Mioceno superior); y finalmente, un contacto discordante con 6) depósitos volcánicos y volcánicoclásticos del Pleistoceno. De acuerdo con el análisis estructural se determinó que lo que se conocía como Graben de Ixtapa, presenta un origen asociado a un sistema transtensivo dominado por fallas dextrales que delimitaron a una cuenca tipo pull-apart que posteriormente se invirtió, como consecuencia de la sobreposición de fallas sinestrales, las cuales posiblemente generaron un régimen transpresivo.

Sesión regular

# **GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL**

Organizador:  
Roberto Maciel

## GGA-1

## ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN RELACIÓN A LA MINERÍA EN RÍOS DE ANGANGUEO, MICHOACÁN

Cruz Ronquillo Olivia<sup>1</sup>, Ruíz Huerta Esther A.<sup>2</sup>, Armenta Hernández María Aurora<sup>1</sup>, Aguayo Ríos Alejandra<sup>1</sup> y Gómez-Bernal Juan M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Departamento de Peligros y Riesgos por fenómenos Naturales, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia Michoacán México.

<sup>3</sup>Departamento de Hidrobiología, Laboratorio de Pastos Marinos, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México  
olcruz@geofisica.unam.mx

Las altas concentraciones de metales pesados relacionadas con los procesos mineros pueden contaminar los ríos y significar un importante problema para la salud humana y el ambiente, así como para la biodiversidad. En el área de Angangueo, Michoacán se desarrollan actividades mineras con potencial para afectar la calidad del agua de los ríos cercanos, por tal razón es importante evaluarla. Este trabajo tuvo como finalidad fundamental conocer las concentraciones de metales potencialmente tóxicos (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn) y Arsénico (As) en el agua superficial de ríos influidos por procesos de beneficio de minerales, así como definir el riesgo del uso del agua para riego agrícola y uso doméstico. Los recursos hidrológicos del municipio están integrados por los ríos Puerco, Carrillos, Santa Bárbara, San Pedro, así como los arroyos, El Llano de las Papas, La Cantera, Arroyo Limpio y La Plancha. Se seleccionaron cuatro ríos potencialmente impactados por residuos mineros para la colecta de agua (Puerco, Carrillo, San Pedro y Limpio). Se realizó investigación de campo durante octubre de 2018. Se establecieron estaciones de muestreo en 13 sitios en los cuales se determinaron parámetros físico-químicos y se colectaron tres muestras por duplicado para la determinación de iones mayores, SDT, Fe, Pb, Zn, Cu, Mn y As en el laboratorio. El pH se encontró en un intervalo de ácido a neutro (2.9 a 7.5). En relación a los parámetros físico químicos evaluados, los STD (sólidos totales disueltos) para los Ríos Puerco y San Pedro presentaron valores superiores a los 150 mg/L, lo que indica un alto contenido de los mismos, por otro lado, el orden de los Metales Potencialmente Tóxicos (MPT) y As en concentración decreciente fue el siguiente: Pb>Mn>Fe>Zn>As los cuales rebasan el límite permisible de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994; el Cu no rebasó los límites permisibles. En relación a los ríos evaluados se determinó que el Río Puerco es el que presentó valores superiores a los límites permisibles de los MPT y As, seguido del río San Pedro y Carrillo. Mientras que en las muestras colectadas en el sitio río Limpio no se detectó la presencia de ningún MPT y As. Los resultados obtenidos mostraron que los puntos más cercanos a la actividad minera son los que presentan mayor concentración de metales pesados. La investigación realizada indicó que el área noreste de la comunidad de Angangueo está más expuesta a la contaminación de las aguas de los ríos por las aguas residuales que provienen de las minas y los residuos sólidos generados por el procesamiento de los minerales.

## GGA-2

## ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y DEL FLUJO DE MERCURIO GASEOSO (GEM) VOLCÁNICO Y SU IMPACTO ATMOSFÉRICO EN EL AREA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Schiavo Benedetto, Morton Bermea Ofelia, Salgado Martínez Elias y Hernández Álvarez Elizabeth  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
benedetto@atmosfera.unam.mx

El mercurio (Hg) es reconocido como uno de los contaminantes ambientales que causa más preocupación y se encuentra distribuido en la atmósfera y en los sistemas ecológicos terrestres. La identificación de sus fuentes de contaminación, así como el entendimiento de sus transformaciones químicas ha sido tema de estudio en los últimos años. El mercurio atmosférico generalmente se presenta en tres diferentes fases gaseosas con propiedades químicas y físicas diferentes: mercurio elemental (GEM), tiene un tiempo de vida media atmosférica entre 0.5 y 2 años debido a su baja solubilidad y representa la forma predominante del mercurio gaseoso total (cerca del 95%); el mercurio gaseoso reactivo (RGM) y el mercurio particulado (Hg<sub>p</sub>) tienen vidas medias atmosféricas de días a semanas y a pesar de que estas especies solamente representan un porcentaje muy bajo del mercurio en el ambiente, son consideradas de importancia debido a sus velocidades de deposición. Los volcanes representan una fuente natural importante de emisión de mercurio a la atmósfera, la cual cada vez cobra mayor interés. A pesar de que continuamente se tiene más información este respecto, existen todavía muchas limitaciones respecto al conocimiento de las transformaciones del mercurio dependiente de los factores geológicos/volcánicos, ya sea la composición del magma, la temperatura eruptiva o la composición del gas volcánico que influyen en las tasas de desgasificación del metal en diferentes volcanes. La cuantificación de la contribución de las emisiones de mercurio volcánico es muy importante para proporcionar información a este respecto y para evaluar su impacto ambiental. El objetivo principal del trabajo fue detectar el GEM volcánico y atmosférico con el equipo Lumex en el área del volcán Popocatepetl. Existen dos métodos de evaluación del flujo de mercurio volcánico: las mediciones directas en la pluma y el método indirecto derivado de la determinación de Hg/SO<sub>2</sub> dado que este último es constantemente monitoreado por los vulcanólogos. La estimación del contenido de mercurio a partir de la concentración de SO<sub>2</sub> se basa en mediciones

simultáneas de gases colectados mediante métodos tradicionales de muestreo. Por otro lado, el mercurio atmosférico en una determinada área se evalúa posicionando fijo el instrumento y midiendo de manera continua por 24 horas, para obtener una tendencia diaria de las concentraciones de mercurio. Otro método de medición involucra recorridos, caminando o en carro, alrededor de áreas particularmente contaminadas o con fuentes de emisión de mercurio. Las mediciones continuas de 24h se tomaron desde el Observatorio Atmosférico de Alzomoni (19.12N, -98.65W, 3.985 msnm), que forma parte de la RUOA ([www.ruoa.unam.mx](http://www.ruoa.unam.mx)) y NDACC (<https://www2.acom.ucar.edu/> / Irwg). La estación se encuentra al norte del cráter, a 11 km de distancia. Los datos para calcular el flujo de Hg (kg/yr) se capturaron con un Lumex y Teledyne, y se procesaron utilizando Python 3.7. Los datos móviles de concentración de mercurio se capturaron con un recorrido en carro alrededor del volcán Popocatepetl, en un tiempo de ~5h y un trayecto de 128 km.

## GGA-3

## IDENTIFICACIÓN DE FUENTES NATURALES Y/O ANTROPOGÉNICAS DE METALES EN MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO PROVENIENTE DE LA LAGUNA ENSENADA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Pérez Escamilla Pilar de Acacia<sup>1</sup>, Morales García Sandra Soledad<sup>1</sup> y Aguirre Bahena Fernando<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro Mexicano para la Producción más Limpia, CMP+L  
<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas  
pilardeacacia@gmail.com

En los últimos años, el crecimiento demográfico y turístico en la ciudad de La Paz, B.C.S., México ha generado aumento en la infraestructura urbana y de servicios, lo que conlleva al incremento de emisiones y descargas de sustancias antropogénicas, dando paso a la posibilidad de ser fuentes de enriquecimientos anómalos de elementos mayores y traza en la materia particulada suspendida (MPS) de la Laguna Ensenada de La Paz, B.C.S. (LEP), sin dejar de tomar en cuenta, la contribución de dichos elementos por parte de enriquecimientos naturales de la zona provenientes de alguna forma de transporte. En este caso de estudio, se descartan los ríos como mecanismos de aporte de elementos, ya que la ciudad de La Paz carece de la existencia fija de ellos; sin embargo, en la zona se presenta una escorrentía de régimen intermitente que se da en tiempos de lluvia. Al estimar, mediante los resultados analíticos la concentración y masa de los elementos analizados, se puede interpretar si existe o no enriquecimiento por fuentes antropogénicas en la LEP. En el presente trabajo se recolectaron 11 muestras de MPS durante 24h, después de eventos de precipitación pluvial, a intervalos de 2 horas. A las muestras obtenidas se les determinaron 12 elementos mediante análisis por espectroscopia de emisión atómica. Se estableció como sitio de muestreo un punto estratégico correspondiente a la conexión entre la LEP y Bahía de La Paz, y mediante filtración de alto volumen con un promedio de 22 l de agua de mar en la columna de agua a -2 m de profundidad, se captó MPS en filtros de fibra de vidrio con diámetro de poro de 0.7 micrómetros. Los 11 filtros con MPS se sometieron a digestión ácida con HNO<sub>3</sub> concentrado en autoclave a presión de 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> de digestión y temperatura 125°C durante 45 minutos. El extracto obtenido se analizó por ICP-OES en un equipo Perkin Elmer Optima 2100 DV, los elementos analizados fueron Al, As, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Ni, Pb, Zn. Los resultados indican el siguiente comportamiento de las concentraciones promedio en mg.kg<sup>-1</sup> para los elementos analizados: Ca (23,909), Mg (20,971), Al (10,681), Fe (9,772), Li (44), Cr (37), Co (20), Cu (19), Zn(9), Pb (7), As (6). Los datos de concentración se procesaron por medio de análisis estadístico factorial con el software STATISTCA versión 7 y se identificaron 3 factores (F1, F2 Y F3), que explican el 81% de la varianza: F1 (52%), F2 (16%) y el F3 (13.8%); estos factores agrupan a los elementos de la siguiente forma: F1) Al, Ca, Co, Fe, Li, Mg, Ni; F2) Pb y Zn y F3) As y Cu. El primer factor sugiere un origen natural de los elementos, los factores 2 y 3 nos permiten identificar posibles fuentes antropogénicas que podrían explicar su presencia en el MPS de la LEP, B.C.S. México.

## GGA-4

## DISPERSIÓN DEL MERCURIO EN LA ZONA MINERALIZADA DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO Y GUANAJUATO

Hernández Silva Gilberto<sup>1</sup>, Vassallo Luis Fernando<sup>1</sup>, Martínez Trinidad Sergio<sup>2</sup>, Solís Valdez Sara<sup>1</sup> y Ortiz Rodríguez Azalea<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Colegio de Posgraduados, Campus Puebla, Cholula Edo. de Puebla  
ghsilva@geociencias.unam.mx

La Zona Mineralizada de Mercurio en la Sierra Gorda en los estados de Querétaro (87%) y Guanajuato (13%), constituye en estos momentos, un activo de la minería nacional muy preocupante. Sus casi 1000 km<sup>2</sup> de superficie de territorio abrupto y montañoso, implican numerosas minas que, en estos días, están siendo explotadas al máximo, a sabiendas de que en 15 años tendrán que ser cerradas, de acuerdo al Convenio de Minamata suscrito en el 2017 por el gobierno de México y 137 países. El cinabrio (HgS) ha sido explotado por más de 2000 años, afectando los sistemas terrestres (suelo, agua, aire y biota) y, desde luego, la salud humana presente y pasada. La zona está constituida por múltiples formaciones marinas mezozoicas, plegadas y deformadas durante la orogénesis Laramide. Los límites de la Zona Mineralizada de Mercurio de los estados de Querétaro y Guanajuato, fueron

establecidos con base en sus formaciones geológicas características y el concepto de cuenca hidrológica. La región está compuesta por rocas volcánico-sedimentarias del Jurásico superior, bancos calcáreos del Cretácico inferior, así como calizas del Cretácico superior, dividida geológicamente en diferentes Formaciones. La edad de la mineralización se extiende de 43 a 35 Ma. El objetivo de este trabajo se centra en establecer la estructura de la zona de estudio, mecanismos de transporte, dispersión, y deposición dentro de la zona de estudio. Para cumplir con estos objetivos, se tomaron muestras en 328 sitios georreferenciados de suelos, sedimentos y terreros, representativos de diferentes características, según su posición en el paisaje, geoforma, sistema de drenaje, cercanía a la mina, etc. Para el análisis del Hg se utilizó un equipo AMA 254. Para construir el mapa de dispersión de Hg, se empleó el SIG ArcView 8.1. Los resultados mostraron tres polígonos con más de 4000 mg/kg de Hg total, alcanzando un máximo de 14,000 mg/kg. Los resultados de este trabajo pueden tener múltiples aplicaciones, en los estudios de emisiones de Hg a la atmósfera, en salud pública, cadena alimenticia, restauración de suelos, etc. Los autores agradecen profundamente al sistema PAPIIT-UNAM por su apoyo, registrado con el número IN103817.

GGA-5

### ANÁLISIS DE SUELO IMPACTADO POR DERRAME DE HIDROCARBURO EN LA REGIÓN DE ACATZINGO, PUEBLA

Lara Guzmán Uriel, López Paz Diego, Castillo Román José, Teutli León Margarita y Sánchez Hernández Andrés  
Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
uriel.laraguzman@gmail.com

Mediante la contaminación de origen antropogénico, los hidrocarburos pueden afectar directamente las propiedades del suelo de manera inmediata teniendo repercusiones sobre la salud humana, por lo tanto y con el fin de contrarrestar el impacto ambiental son efectuadas remediaciones en los suelos afectados. El presente estudio se realizó para un suelo afectado hace cinco años por un derrame de hidrocarburo, producto de una toma clandestina del poliducto Minatitlán-México en la región de Acatzingo de Hidalgo, Puebla. En aquel momento se realizó una tomografía; la calidad real del suelo se evaluó mediante la realización in situ de una nueva tomografía, y la calidad agrícola del suelo se evaluó mediante muestreo del suelo en tres parcelas: la impactada, una cercana y una limpia. Se recolectaron 46 muestras superficiales a 20 cm de profundidad, mientras que para los puntos críticos se realizó un muestreo vertical a 0.3, 0.6 y 0.9 m; todas las muestras fueron analizadas para 23 parámetros fisicoquímicos, para evaluar la interdependencia de los parámetros químicos se realizó una correlación de Pearson. Los resultados han evidenciado una recuperación del suelo afectado, el cual actualmente se encuentra apto para actividades agrícolas.

GGA-6

### GEOLOCALIZACIÓN DE POTENCIALES FUENTES DE CAPTACIÓN HIDROLÓGICA DE HUEHUETLÁN EL GRANDE, ESTADO DE PUEBLA

Saldaña Arenas Juan José y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento - BUAP, DITCo-BUAP  
juan.saldana@alumno.buap.mx

La región de Huehuetlán el Grande, estado de Puebla, pertenece a acuífero de Ixcaquixtla, el cual ha sido poco estudiado. Actualmente los pocos pozos de agua (principal fuente de abastecimiento) han comenzado a disminuir y ser invadidos por altos niveles de Sulfato de Calcio, generando que la población sufra estrés hídrico continuamente en toda la región. En el municipio de Huehuetlán el Grande, existen numerosos manantiales de aguas termales, que son empleados como atractivo turístico (balnearios) así como indispensable el geolocalizar zonas estratégicas de captación de agua de lluvia y la identificación de zonas de recarga efectiva para los pozos de agua. La zona presenta una geología estructural compleja, así como numerosos depósitos de Sulfato de Calcio, en distintas variedades minerales, que parecen estar asociadas con una potencial energía geotérmica de media a baja entalpía. En esta investigación se han geolocalizado los sitios óptimos para futuras zonas de captación estratégica, mediante el análisis multitemático, haciendo el uso combinado del método Multivariante, el método Multicriterio y un estudio de Fotointerpretación sobre imágenes LANDSAT. Los resultados permiten identificar 3 zonas potenciales óptimas, que deben considerarse para la futura planeación del territorio, su desarrollo endógeno y la seguridad hídrica de la zona.

GGA-7

### CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MACIZOS ROCOSOS CON BASE EN RECONSTRUCCIONES 3D MEDIANTE VUELOS DE DRON E IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO. BASAMENTO DEL COMPLEJO CALDÉRICO DE ACOCULCO COMO CASO DE ESTUDIO

Herrera-Díaz Arturo, Pola Villaseñor Antonio, Torres Itzayana, Ramírez Ángel Andrés, Pacheco Pedro Martín, Correa José Guadalupe y Sereno Hugo Iván  
Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia, ENES - Morelia, UNAM  
artherrera@icloud.com

La asignación de propiedades geomecánicas a unidades de roca es muy difícil, prácticamente porque cualquier unidad de roca presenta un carácter anisótropo y heterogéneo tanto en su matriz como en las discontinuidades. Actualmente, existen diferentes metodologías cualitativas, algunas de ellas empleadas satisfactoriamente (p. ej. Rock Mass Rating). En general, esta asignación depende en gran medida de la calidad de los levantamientos que se hagan en campo: recolección de muestras representativas, calidad de datos de las estructuras (p. ej. carácter geométrico y de resistencia). En este sentido, la incertidumbre de haber recolectado datos de calidad o representativos de cada unidad de roca aumentan en lugares inaccesibles o escarpados. De acuerdo a lo anteriormente descrito, en esta investigación se presenta una metodología eficaz en la asignación de propiedades geomecánicas a unidades de roca: se hicieron reconstrucciones de fracturamiento en 3D con base en la manipulación de imágenes recolectadas con vuelos de dron o UAV (unmanned aerial vehicle), mientras que las características de la matriz rocosa, como la resistencia y la deformación, se caracterizó con base en la implementación de pruebas de laboratorio. Las reconstrucciones 3D de fracturamiento, resaltan la importancia y eficiencia del uso de dron para hacer la asignación de propiedades a unidades de roca inaccesibles. Sin embargo, la calidad y veracidad de la asignación va a depender de la implementación de las pruebas de laboratorio y de la recolección de datos y muestras representativas en campo: se tiene que recordar que los modelos serán calibrados con datos específicos como la localización espacial, continuidad, orientación y espaciado de las discontinuidades. Algunas de las suposiciones que se hicieron en los modelos han sido: que la roca tiene la misma resistencia en profundidad, que las familias de discontinuidades tienen las mismas características de resistencia y condiciones de humedad.

GGA-8

### EVALUACIÓN DE PROCESOS SUPERFICIALES DEL CUATERNARIO TARDÍO EN UNA CUENCA SEMIÁRIDA EN EL NORORIENTE DE MÉXICO

Vera Guillermo<sup>1</sup>, Roy Priyadarsi<sup>1</sup>, Lopez Nayeli<sup>2</sup> y Sanchez Jose Luis<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de geología, IGL  
<sup>2</sup>Facultad de Química, USAI  
vera.vera.guillermo@gmail.com

El cambio climático actual está provocando un calentamiento global y no se tiene certeza de como los distintos ecosistemas pueden responder ante este fenómeno en el futuro cercano. Los estudios de distintos registros geológicos mediante aplicación de herramientas químicas, biológicas y físicas proveen información valiosa sobre las respuestas de ecosistemas ante la variabilidad climática que han ocurrido en el pasado geológico. Por ejemplo, la dinámica de erosión mediante procesos fluviales ha sido definida partir del contenido de elementos insolubles (Ti, Al) en depósitos lacustres y marinos. Así mismo, la abundancia de minerales evaporíticos en sedimentos y distribución isotópica de oxígeno de las espeleotemas se han usado para inferir la variación de temperatura y oscilación entre precipitación/evaporación. El objetivo principal de este trabajo es evaluar los procesos superficiales ocurridos durante el Cuaternario Tardío y la respuesta observada en los proxys geoquímicos en una cuenca semiárida (Cuenca Sandia) del nororiente de México. La secuencia sedimentaria de 300 cm abarca 32,000 años, representados historia de sedimentación durante parte del último periodo glacial y el presente interglacial, así como evento de variación climática global de corta duración tales como eventos Heinrich, D/O, UMG, B/A, YD entre otros. El contenido de carbono orgánico total (promedio: 1.1%) muestra que las condiciones en la cuenca no fueron óptimas para la conservación de la materia orgánica. Así mismo, la relación C/N (0.3-23.5) sugiere diferentes fuentes del carbono orgánico preservado en los sedimentos (autóctona, alóctona y una mezcla entre los dos). Sin embargo, los resultados de  $\delta^{13}C_{org}$  (-24.3 a -15.2 ‰) muestran que la materia orgánica preservada en los sedimentos en general provenía de vegetación con fotosíntesis tipo C3 y CAM. La inconsistencia entre los tres diferentes proxys indica los efectos de procesos superficiales sobre la característica química de los sedimentos. La mayor variabilidad de C/N ente 32,000 y 6500 años calibrado antes del presente con presencia de vegetación predominante tipo C3 en la cuenca es debido condiciones inestables y ocurrencia de desecación con mayor frecuencia indicando fluctuación hidrológica de la cuenca. La condiciones fueron relativamente más estable en los últimos 6500 años calibrados mostrando relativamente menor variación en C/N en la mataría orgánico proveniente de vegetación tipo CAM. La estructura primaria y estimación de erosión mediante el contenido e aluminio corroboran la observación anteriormente dicha.

## GGA-9 CARTEL

**VINCULACIÓN DEL DESARROLLO DE MICROALGAS EN AMBIENTES VOLCÁNICOS CON ACTIVIDAD GEOTÉRMICA**Muñoz García María Fernanda<sup>1</sup> y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús<sup>2</sup><sup>1</sup>UMDI-FC, Juriquilla UNAM<sup>2</sup>Centro de Geociencias UNAM

mafer.m.garcia17@ciencias.unam.mx

Las microalgas son organismos con una gran capacidad de adaptación al cambio y este grupo tan diverso puede desarrollarse en ambientes con condiciones extremas para la vida tales como altas temperaturas, concentraciones elevadas de metales pesados, pH ácido, entre otras cosas. Gracias a su historia evolutiva son capaces de soportar dichas condiciones y nos ayudan a interpretar el grado de alteración de un ecosistema, actuando como bioindicadores. A su vez puede darnos información sobre la historia geológica del sitio, ya que al morir precipitan como sedimentos y mediante la estratigrafía es posible reconstruir la historia geológica, climática y del ecosistema, por medio de ramas de la ciencia, tales como la paleolimnología, geocronología, sedimentología y estratigrafía. El presente estudio se enfocará en lagos de cráteres volcánicos con evidencias de geotermalismo activo y de manantiales hidrotermales relacionados con fallas geológicas., con el fin de obtener información detallada de desarrollo de las algas en estos ambientes geológicos de alta temperatura y condiciones especiales de pH, entre otros parámetros químicos y físicos. Los sitios de muestreo se seleccionaron partiendo de que todos son ambientes volcánicos ubicados en el Cinturón Volcánico Mexicano y tienen actividad geotérmica; los cuales incluyen a los campos geotérmicos de Los Humeros Puebla, Los Azúffres Michoacán, Acozulco Puebla y los manantiales hidrotermales de Comanjilla Guanajuato, este último está relacionada a una falla normal profunda. Se han reportado algunas especies de algas en zonas geotérmicas, como *Coccomyxa* sp, *Chroococcus limneticus* Lemmerman sp. y una especie de alga diatomea *Navicula* sp. Es importante tomar en cuenta el contexto geológico, ya que al estar en un ambiente volcánico en condiciones de hidrotermalismo, podremos tener condiciones específicas, tales como abundancia de elementos como el azufre (S), zinc (Zn), arsénico (As), boro (Bo), pH ácido causado por los gases de origen geotermal que ascienden por las grietas y fallas del subsuelo, resultando en cuerpos de agua con temperaturas elevadas. Mediante este estudio también se pretende determinar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la disponibilidad de nutrientes inorgánicos aportados por la roca encajonante y los fluidos hidrotermales. Estos parámetros se miden directamente en campo para poder hacer la correlación entre los sitios y así poder concluir la ausencia o presencia de alguna especie en específico. Para el muestreo es necesario hacer 4 cuadrantes, donde se tomarán tres muestras de agua, algas y sedimentos en cada uno, y éstas serán procesadas de acuerdo con la EPA 3051, y posteriormente se analizarán por la técnica de espectrofotometría de emisión atómica con plasma acoplado por inducción (ICP-OES), para evaluar las concentraciones de metales tóxicos y en el caso de las muestras de algas, saber su capacidad de bioacumulación dependiendo de la especie. El proceso de la identificación se hará por medio de observación en microscopio, por lo que se tomarán muestras con la misma metodología, considerando los organismos planctónicos y bentónicos que se pretenden observar, tales como las diatomeas.

## GGA-10 CARTEL

**CARACTERIZACIÓN HÍDRICA DE IGNIMBRITAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MONUMENTOS PÉTREOS HISTÓRICOS DE LA CIUDAD DE MORELIA, MICH., MÉXICO**Serenio Villaseñor Hugo Iván<sup>1</sup>, Pola Villaseñor Antonio<sup>1</sup> y Ramírez Guzmán Ángel Andrés<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
hugoivansereno@gmail.com

El estudio de las propiedades petrofísicas de rocas de uso ornamental resulta fundamental en obras de restauración y conservación de edificios históricos y monumentos pétreos. Para el reemplazo y/o restauración de piezas es necesario que exista una compatibilidad o mejoramiento en el comportamiento general de la estructura. Por otro lado, la degradación del monumento pétreo se debe en gran medida a las condiciones del ambiente: Las variaciones en la humedad relativa y temperatura están estrechamente relacionadas con el ascenso capilar, circulación de soluciones y deposición de partículas en el sistema poroso. La alteración y durabilidad de materiales pétreos que comprenden el corpus de edificios históricos, debe, enfatizar la importancia de caracterizar los espacios vacíos (porosidad), analizando en detalle la configuración tridimensional (p. ej. tortuosidad) del sistema poroso. Dicho análisis permite conocer, entre otras cosas, el grado de conectividad de los poros, microfracturamiento y el radio de acceso de los poros. En esta investigación se realizó una caracterización hídrica de diversas ignimbritas utilizadas en la construcción de edificios del centro histórico de Morelia (incluido en la lista de sitios del patrimonio mundial por la UNESCO en 1991). De acuerdo con las rocas que se han utilizado históricamente, en este trabajo se han seleccionado cuatro grupos: Piedra Vieja, Tlalpujahuá, Coitzintzo y Jamaica (PV, TL, CO y JA, respectivamente). La diferencia más notable entre las rocas son el tamaño, contenido y distribución de sus elementos. En este sentido se prepararon muestras cilíndricas de 2.5 de diámetro y 5.7 mm de altura con dos orientaciones preferenciales (paralelo y perpendicular

al eje mayor del cilindro). Se implementaron pruebas de capilaridad, absorción a presión atmosférica y vacío, evaporación, permeabilidad, densidad y caracterización del sistema poroso por medio de porosimetría por intrusión de mercurio con base en las normas internacionales (p. ej. UNE- ASTM). El análisis de resultados preliminares muestra que cada grupo de roca tiene patrones de comportamiento hídrico específicos relacionados con la génesis, mineralogía y la disposición de sus componentes. En general, el rango de densidad de sólidos es similar en todas las muestras: varía de 2.61-2.43 para las muestras CO y JA, respectivamente. Por otra parte, debido a las características del sistema poroso (p. ej. porosidad efectiva), la evolución y la transferencia hídrica varía ampliamente, CO es la unidad más permeable (~50 mD) y la roca que más rápidamente satura los poros capilares. Mientras que, PV es la roca menos permeable (~5 mD), sin embargo, es la que se mantiene saturando capilarmente por más tiempo y la que mayor influencia tiene la orientación de sus componentes en la transmisión de fluidos. Es notable, la similitud del comportamiento de evaporación entre PV y TL, siendo las más compatibles entre sí. Al mismo tiempo, JA es la roca que más lentamente intercambia agua con el ambiente. Se destaca, la importancia de relacionar las condiciones ambientales locales de la ciudad de Morelia (p. ej. humedad relativa) con las características petrofísicas de las rocas.

## GGA-11 CARTEL

**TASA DE DOSIS GAMMA ABSORBIDA EN LAS INSTALACIONES DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**Nerio Rocha Jesús, Batista Rodríguez José Alberto, López Saucedo Felipe de Jesús, Colunga Rodela Juan Fernando y Limón Gámez Juan Antonio  
Escuela Superior de Ingeniería, ESI-UAdeC  
jesusnerio@hotmail.com

En la actualidad una de las principales preocupaciones de la humanidad se relaciona con la contaminación ambiental, y dentro de esta la contaminación radioactiva. Esta puede originarse de los materiales naturales y tecnológicamente mejorados, que se utilizan en las construcciones. Principalmente, estos últimos materiales, procedentes de procesos mineros e industriales, presentan los valores más altos de radiaciones. Específicamente, en la cuenca carbonífera de Coahuila, durante años se han utilizados residuos de la minería y procesos industriales, como parte de los materiales de construcción. Por estas razones, se presentan los resultados de un estudio realizado en la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Coahuila, ubicada dentro de esta región. Inicialmente, se realizaron mediciones de radioactividad gamma natural in situ, en interiores y exteriores de las instalaciones de la escuela, es decir, en salones de clases, laboratorios, oficinas y pasillos, utilizando un espectrómetro portátil Super Spec RS-125. Los resultados indican altos niveles de tasas de dosis gamma absorbida en los interiores de las instalaciones, es decir, en salones, laboratorios y oficinas. Los niveles más altos se registran en los salones de clases, principalmente, los pisos 1 y 2 del edificio docente. Esto implica un alto riesgo de contaminación radioactiva asociado con estas instalaciones, sugiriendo la necesidad de optar por medidas que atenúen dicho riesgo, lo cual implica un estudio más detallado.

## GGA-12 CARTEL

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS DE EMISIÓN ATÓMICA EN ESTUDIOS AMBIENTALES CON ANILLOS DE CRECIMIENTO DE ÁRBOLES**Hernández Mendoza Ilse Irene<sup>1</sup>, Márquez Herrera Ciro Eliseo<sup>1</sup>, Sobral Martín<sup>2</sup>, Terán Hinojosa Estrella<sup>3</sup>, González Hernández Galia<sup>4</sup> y Álvarez Morales Brandon Ignacio<sup>1</sup><sup>1</sup>Facultad de Química, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, UNAM<sup>4</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

hilse\_irene@hotmail.com

Las alteraciones ambientales en los bosques son ocasionadas por los cambios naturales y antropogénicos, y son registradas anualmente en los anillos de crecimiento de ciertas especies de árboles. Esto es debido a que los anillos encapsulan en el tiempo la química ambiental del año en que se forman. Los pinos han demostrado tener un excelente potencial en las reconstrucciones históricas por contaminación antropogénica y en la detección de erupciones volcánicas, porque fungen como buenos bioindicadores ambientales. La dendroquímica es la ciencia que permite conocer las respuestas indirectas a algún evento en particular, así como identificar si el comportamiento (aumento/disminución), de ciertos elementos se puede correlacionar con algún suceso específico. No obstante, la dendroquímica depende de la viabilidad y del potencial de las técnicas de análisis químico con las que se cuente. En este trabajo se utilizaron dos técnicas espectroscópicas de emisión atómica para caracterizar nueve núcleos de diferentes árboles coetáneos de la especie *Pinus hartwegii* que crecen en las laderas del volcán Popocatepetl y en las laderas del volcán (inactivo) Cofre de Perote, las cuales sirvieron como muestras de control. Con la primera técnica (destructiva), mejor conocida como ICP-OES, se utilizó un equipo AVIO 500 de la marca Perkin Elmer. Se realizó la digestión ácida en un horno de microondas para descomponer la matriz de los 18 anillos seleccionados. Se validó parcialmente el método analítico empleado y se lograron

determinar las concentraciones de los siguientes elementos: Li, Na, K, Mg, Ca, Sr, Cu, y Fe, Mn, Al, Si. La otra técnica utilizada (poco destructiva), se conoce como LIBS y requiere poca preparación de la muestra. Por medio de esta técnica se midieron las intensidades de los elementos presentes en la matriz. Para ello se utilizó un láser de Nd:YAG pulsado de alta potencia que se enfocó sobre una pequeña área de la muestra, y durante cada pulso la energía generó un plasma que evaporó una porción de la superficie de la muestra. Los elementos que se pudieron detectar por medio de esta técnica fueron: Na, K, Mg, Ca, Sr, Cu, Mn, Al, Si y C. Se compararon los resultados arrojados por ICP-OES y LIBS. Con base en la buena correlación de los resultados obtenidos para ciertos elementos detectados por ambas técnicas, las concentraciones determinadas mediante ICP-OES se utilizaron como estándar para los resultados obtenidos por LIBS (intensidades normalizadas). Se observó un patrón de comportamiento en los elementos alcalinos y alcalinotérreos. Sin embargo, no se puede asegurar con certeza que los incrementos detectados para algunos elementos en años posteriores al inicio del periodo eruptivo del volcán Popocatepetl (después de 1994), se deban exclusivamente a los efectos secundarios provocados por la misma erupción debido a que existen múltiples factores ambientales/ antropogénicos y fisiológicos que están en juego.

## GGA-13 CARTEL

### COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MORFOLOGÍA DE AEROSOLAS ATMOSFÉRICAS MUESTREADAS EN EL OBSERVATORIO ATMOSFÉRICO ALTZOMONI

Villanueva-Macias José<sup>1</sup>, Carabali Giovanni<sup>1</sup>, Ladino Moreno Luis Antonio<sup>2</sup>, Miranda Javier<sup>3</sup> y Álvarez-Ospina Harry<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera

<sup>3</sup>Instituto de Física

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias

q.jose.villanueva@gmail.com

En este trabajo se muestrearon partículas atmosféricas en el Observatorio Atmosférico Altzomoni (OAA) ubicado a 4100 msnm. El sitio OAA brinda una oportunidad única de estudiar contaminantes atmosféricos antropogénicos generados en la Ciudad de México y aquellos transportados regionalmente. Adicionalmente en este sitio se puede hacer una caracterización de aerosoles de origen natural emitidos por el volcán Popocatepetl. El principal objetivo de este trabajo analizar la capacidad de estas partículas para actuar como núcleos de condensación de hielo. Las partículas se muestrearon en un impactador de cascada (MOUDI, por sus siglas en inglés) y su morfología fue analizada a través del uso de microscopios electrónicos de transmisión (TEM) y de barrido (SEM), con los cuales se tomaron imágenes de alta resolución. Por otra parte, la composición química fue analizada con ayuda de la espectroscopia de dispersión de rayos-X (EDS, por sus siglas en inglés), acoplado a ambos microscopios. Adicionalmente se están realizando estudios de la composición química usando la técnica de fluorescencia de rayos-X (XRF). Los resultados preliminares de las micrografías TEM y SEM revelaron la morfología y el tamaño de las partículas. El análisis preliminar de los espectros de EDS mostraron que los aerosoles estaban compuestos principalmente de material orgánico y material inorgánico: Al, S y K.

## GGA-14 CARTEL

### PROPUESTAS PARA MITIGAR POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES RELACIONADOS A LA SUBSIDENCIA DE TERRENOS DONDE SE EXTRAE DE CARBÓN POR FRENTES LARGAS EN LA REGIÓN CARBONÍFERA DE COAHUILA

Ambrocio Rosales Evelina de la Luz, Rodríguez Rivera Maricela, Lucas Rodríguez Christian y Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe  
Universidad Autónoma de Coahuila, ESI  
evelinadelaluz@hotmail.com

La extracción de carbón en Coahuila representa una de las actividades económicas más importantes del estado al aportar más del 99% de la producción nacional según se registró en el año 2016 (SGM, 2017), lo que implica la atracción de inversiones, generación de empleos y la provisión de materiales combustibles como el carbón metalúrgico para la producción de acero y térmico para la generación de energía eléctrica. Las empresas más importantes que se dedican a extraer carbón en la "Región Carbonífera de Coahuila" poseen la infraestructura adecuada para hacerlo a través del método de explotación de Frentes Largos, que implica el hundimiento del terreno suprayacente al manto de carbón que ha sido extraído y que se refleja en superficie, lo que se conoce como "subsistencia". Los efectos de la subsistencia deberían ser evaluados para evitar o minimizar impactos ambientales y sociales, de acuerdo a los posibles usos posteriores a la actividad minera que se les diera a los terrenos. Esto requiere del estudio y análisis de las condiciones geológicas presentes en el área explotada (profundidad y dimensiones de los mantos, factor de abundamiento de los materiales que sobreyacieron al manto de carbón y su grado de fracturamiento, presencia y disposición de los cuerpos de agua), así como de las necesidades sociales de las comunidades aledañas (vías de comunicación, edificaciones y viviendas). Este fenómeno requiere atención para que las empresas mineras adopten las medidas más adecuadas que minimicen

los problemas relacionados, de conformidad también con la elaboración de una Norma Oficial Mexicana (no existente), que garantice la no afectación ambiental y social. Es por esto que se considera necesario para las autoridades: 1) elaboración de bases de datos y planos de consulta de las minas que han llevado a cabo el método de Frentes Largos, 2) solicitar a las empresas mineras estudios de las características de los terrenos y la tendencia a la subsidencia, así como de los estudios hidrológicos previos y posteriores a la extracción de los mantos de carbón, 3) vigilancia de que las medidas preventivas propuestas por las empresas para minimizar los efectos de subsidencia se lleven a cabo de acuerdo con los estudios realizados y respetando lo estipulado en las Manifestaciones de Impacto Ambiental; Para las empresas mineras-comunidades: 1) estudiar y analizar a detalle los casos particulares de subsidencia que se pudieran presentar en los terrenos minados, así como la afectación hacia los cuerpos de agua. Integrar la información y resultados a las Manifestaciones de Impacto Ambiental, 2) adoptar las medidas necesarias e integrarlas a sus análisis de factibilidad económica, 3) revisión de los planos y datos publicados por las autoridades previa a los posteriores usos de los terrenos, 3) Respetar los lineamientos establecidos en la normatividad aplicable.

## GGA-15 CARTEL

### REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y FLUORURO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS NATURALMENTE CONTAMINADAS EN ZIMAPÁN, HIDALGO, MEDIANTE ROCAS CALIZAS

Manzo Garrido Maribel<sup>1</sup>, Armienta Hernández María

Aurora<sup>2</sup>, Cruz Ronquillo Olivia<sup>2</sup> y Aguayo Ríos Alejandra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica  
lebiram.zo@comunidad.unam.mx

La presencia de arsénico (As) y fluoruro (F-) en acuíferos depende principalmente de la disponibilidad de estos iones en materiales geológicos que se encuentran en contacto con el agua o de la existencia de fuentes de contaminación de origen antrópico. El propósito de esta investigación es remover arsénico y fluoruro de aguas subterráneas naturalmente contaminadas mediante el empleo de pruebas en lote en las que se utiliza roca caliza nativa (KSS) como material sorbente y una relación roca-agua de 1:5. Para la optimización en la remoción de As y F- se utilizaron cuatro tamaños diferentes de roca (<500 µm) y se varió el tiempo de agitación (2-24 h). El análisis de la fase acuosa se realizó mediante la técnica analítica espectroscopia de absorción atómica con generación de hidruros y sistema de inyección en flujo y por potenciometría con un electrodo selectivo. Mediante absorción atómica se determinó que fue posible remover más del 80 % de arsénico en el agua contaminada y por potenciometría se determinó que la concentración de fluoruro se logra mantener por debajo de los estándares que marca la OMS. El estudio de la fase sólida se realizó mediante difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y se determinó el área superficial para cada tamaño de partícula por el método BET. Se concluyó que este método de remoción es efectivo en ambos pozos y para ambos contaminantes y que existen diferentes factores que influyen en su eficiencia, sin embargo, el factor principal es el tiempo. También se demostró que la roca KSS resulta ser un medio adecuado para la retención de estos contaminantes. Este proyecto contó con el apoyo del programa DGAPA, PAPIIT IN106918.

## GGA-16 CARTEL

### APLICACIÓN DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN EL MAPEO GEOLÓGICO DEL ÁREA EL CUBO-CALDERONES, DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO, SIERRA DE GUANAJUATO, MÉXICO

Conejo Cortes María Rosario<sup>1</sup>, Vasallo Morales Luis Fernando<sup>2</sup>, Martínez Reyes Juventino<sup>1</sup> y García Dobarganes Bueno Juan Esteban<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla  
couple.jihoo@gmail.com

La aplicación de las imágenes multiespectrales en regiones como la Sierra de Guanajuato, ayuda en los mapeos detallados y los hace desde una perspectiva regional, permitiendo una mejor comprensión de su evolución geológica. Los excelentes afloramientos de las rocas mesozoicas y cenozoicas en la parte central del Distrito Minero de Guanajuato permiten el uso de imágenes Landsat 7 ETM+ aplicadas en este estudio. Este sensor captura para sus imágenes, tres bandas en el rango visible (RGB) del espectro, una banda pancromática de 15 metros de resolución y tres bandas infrarrojas de 30 metros de resolución, dos infrarrojas de onda corta (SWIR) y una infrarroja cercana (NIR), cubriendo un área de aproximadamente 34,000 Km<sup>2</sup>. Los datos de Landsat 7 ETM+ fueron usados para crear imágenes espectrales con cocientes de bandas 3/4, 4 y 1, desplegadas como RGB (red, green, blue) y combinaciones de bandas 741, 731, 457, 531, con algoritmos creados en el software ERMapper 6.4. Estas imágenes fueron interpretadas en el contexto de los mapas geológicos disponibles, así como datos de campo, nuevos datos de litoestratigrafía y dataciones de rocas. Con las combinaciones de bandas y aplicando los algoritmos creados pudimos distinguir variaciones de color, textura y tonalidad y separar los diferentes tipos de rocas y estructuras que se presentan en la superficie. La banda 7 nos permitió mapear

alteraciones hidrotermales asociadas a los depósitos de Ag-Au. Las rocas expuestas en la Sierra de Guanajuato y sus alrededores se pueden dividir en 4 sucesiones estratigráficas: (1) el "Complejo Basal" el cual incluye rocas del Mesozoico y un batolito granítico del Eoceno temprano, (2) una gruesa secuencia de capas rojas que descansa discordante sobre el complejo basal, la cual fue depositada en el Paleógeno, (3) una sucesión gruesa volcánica subaérea del Oligoceno la cual está fallada y basculada y (4) inmediatamente alrededor de la Sierra de Guanajuato una amplia capa de depósitos horizontales de arenas y gravas depositadas en una cuenca continental del Mioceno. En el área de El Cubo-Calderones fueron mapeados diversos diques que por su temporalidad pueden estar relacionados con una posible caldera volcánica pre-mineralización, de gran importancia en la génesis de los depósitos de Ag-Au del Distrito Minero de Guanajuato.

#### GGA-17 CARTEL

### EMISIÓN DE PARTÍCULAS POR CAUSA DE LA MINERÍA EN LAS PERIFERIAS DE LA CIUDAD DE NUEVA ROSITA, COAHUILA

Muzquiz Esquivel Frida Mariana, Calderón Delgado Jesús Gabriel, Pérez Moreno Uriel y Gutiérrez Alejandra Guadalupe  
*Universidad Autónoma de Coahuila*  
 fridamuzquiz@hotmail.com

Ubicada en el estado de Coahuila se encuentra la paleo cuenca de Sabinas la cual es una potencial productora de carbón a nivel nacional. En esta cuenca se encuentra el municipio de Nueva Rosita, que cuenta con alrededor de 40,000 habitantes (INEGI, 2015) de los cuales muchos tienen como empleo la producción minera en minas subterráneas y a cielo abierto. El objetivo principal de la investigación fue encontrar la relación-consecuencia del contacto directo e indirecto con las partículas suspendidas en el aire de origen minero en la región de Nueva Rosita. El principal problema de contaminación atmosférica en una zona minera se debe a la presencia de partículas, las cuales pueden ser de carbón, suelo o estéril. Estas partículas son emitidas a la atmósfera por acción del viento principalmente. Según estudios realizados en otras zonas del país señalan que la exposición a largo plazo a niveles altos de PM<sub>2.5</sub> se asocia significativamente a hospitalizaciones por neumonía adquirida, mientras que la exposición a PM<sub>10</sub> durante los meses de verano se asocia con mayores síntomas de apnea obstructiva y menor saturación durante el sueño. Para realizar la recolección de muestras de la calidad del aire de la ciudad se utilizó el equipo de aire de alto volumen PM<sub>10</sub> TISCH Environmental propiedad de la Universidad Autónoma de Coahuila, el cual se ubicó en diferentes lugares de la ciudad con diferentes condiciones meteorológicas para obtener una relación de las muestras según el clima, se seleccionaron lugares cercanos a la zona periférica de la ciudad cercana a como lugares semicerrados, zonas con abundante vegetación y a una altura sobre el nivel de la ciudad y en zona de alta vialidad automovilística alejada de la zona minera. Para la relación de la contaminación de las partículas y el daño a la salud de la población se recabó información proporcionada por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, clínica no.24), en la cual se establecen las enfermedades de habitantes de oficio minero y sus causas. Lo que se busca con esta investigación es aportar una razón de confianza y fundamento para el control de la emisión de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> para disminuir el impacto negativo a la población, pues podría reducir enfermedades respiratorias, epidemiológicas y cardiovasculares en las personas que viven en la zona de alcance de las partículas, según estudios realizados por el Instituto Nacional de Salud Pública en la Zona Metropolitana del Valle de México, señala que una disminución de 10 µg/m<sup>3</sup> evitaría 1,038 defunciones y una disminución de 20 µg/m<sup>3</sup>, se evitarían hasta 2,306 defunciones con un intervalo de confianza de 95% para ambas afirmaciones, por lo cual es de suma importancia realizar este tipo de análisis en la calidad del aire de nuestra ciudad.

#### GGA-18 CARTEL

### RESISTENCIA DE UN CONSORCIO FOTOSINTÉTICO A CADMIO, MANGANESO Y ZINC PARA SU REMOCIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA

Ramos-Perez Daniel, Hernández-Isabel Leticia, Alcántara-Hernández Rocío Jetzabel, Romero Francisco Martín y Santana-Silva Alicia  
*Universidad Nacional Autónoma de México*  
 danielrampz@gmail.com

En el año 2007, después de que la actividad minera quedara suspendida en el distrito minero de Taxco, a causa de una huelga, se produjo un serio problema de drenaje ácido de mina (DAM), el cual comenzó a salir del Socavón 1412, caracterizado por un pH bajo, una conductividad eléctrica específica alta y elevadas concentraciones de Cd, Mn y Zn, además de otros elementos potencialmente tóxicos. El DAM generado del Socavón 1412, ha sido tratado con rocas calizas mediante un sistema de piletas que intercala filtros de rocas calizas (FRC) y sedimentadores, para su remediación, sin embargo, la eficiencia de remoción para metales como el Cd, Mn y Zn ha sido insuficiente. En el presente trabajo se plantea una opción de tratamiento pasivo, basado en la biorremediación microbiana, mediante bioestimulación, en el que se ha evaluado la resistencia de un consorcio microbiano fotosintético (CMF) para la remoción de Cd, Mn y Zn en el drenaje ácido de mina previamente tratado con un sistema de rocas calizas (DAM TRC), con la finalidad de implementarlo como parte de un sistema biogeoquímico que permita su adecuada disposición. Para tal efecto, se realizaron pruebas de bioestimulación a nivel laboratorio con DAM TRC

adicionado con un 5% de medio basal de Bold (MBB), identificando un pH óptimo de crecimiento de 5.5 a los 8 días. Además, se realizaron pruebas de resistencia al aumento de la concentración de Cd, Mn y Zn en el DAM TRC, y se evaluó su remoción, encontrando porcentajes de remoción para Cd 11.6%, Mn 10.2% y Zn 10.7%, en 19 días, lo dicho hasta aquí supone que, si se realiza la bioestimulación del DAM TRC, el desarrollo del consorcio microbiano fotosintético permitirá disminuir la concentración de estos elementos, permitiendo alcanzar la concentración adecuada para su disposición en el río Taxco.

#### GGA-19 CARTEL

### PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN AEROMAGNÉTICA DE LA ZONA CAULAPAN, PUEBLA

Gonzalez Calixto Ana Rosenda y Muñoz Máximo Ignacio  
*Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento. DITCo-BUAP*  
 anaglezcalixto23@gmail.com

Al suroeste del municipio de Puebla, en dirección de la Presa Manuel Ávila Camacho (Lago de Valsequillo, Puebla), existen abundantes depósitos de megafauna del Pleistoceno, ampliamente documentado en el INAH (Puebla), estos depósitos fósiles se encuentran empleados en un grupo de tobas denominado Formación Caulapan. Sin embargo, el control geológico estructural es determinante para la ubicación de estos depósitos fósiles, que suelen aparecer en donde la formación Caulapan aflora asociada a Fallas Normales. En esta investigación con el propósito de contribuir al conocimiento geológico regional a partir de los datos de la carta aeromagnética del Servicio Geológico Mexicano, utilizando el Software Magpick se han obtenido los mapas de anomalías magnéticas y la identificación de dominios aeromagnéticos (DAM), así como la identificación de algunos lineamientos magnéticos que van de NW-SE, que se asocian con la presencia de posibles fallas en la región.

#### GGA-20 CARTEL

### MEDICIÓN DE DISOLUCIÓN KÁRSTICA EN ROCAS DOLOMIÁS EN SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS

Santiago Delgadillo María Fernanda<sup>1</sup>, Muñoz Máximo Ignacio<sup>2</sup> y Rubio Rosas Efrain<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>BUAP  
<sup>2</sup>DITCo-BUAP  
 mafer98santiago@gmail.com

La localidad de San Cristóbal de Las Casas, se encuentra en la zona altos del Estado de Chiapas, la región presenta en su mayoría rocas sedimentarias calizas y en menor medida lutita-arenisca y limolita-arenisca, provenientes del Cretácico. En este trabajo se estudia la karsticidad de rocas dolomías, compuestas básicamente de dolomita el cual es un mineral compuesto por carbonato de calcio y magnesio [CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], que produce una sustitución por intercambio iónico del calcio por magnesio en la roca caliza (CaCO<sub>3</sub>). La zona de estudio se centró en un banco de arenas y gravas que se encuentra dentro de la ciudad. Se extrajeron 8 muestras las cuales fueron atacadas sistemáticamente con agua dura (H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>) y ácido clorhídrico con dióxido de carbono (HCL-CO<sub>2</sub>), esto con el propósito de imitar el fenómeno de disolución kárstica. Posterior a la corrosión de las muestras se procedió a medir la diferencia de porosidad respecto a estas mismas antes de ser tratadas.

#### GGA-21 CARTEL

### ZEOLITAS Y SUS APLICACIONES

Perez Gonzalez Luz Yazmin y Bojorquez Lopez Deysi Denisse  
*Universidad de Sonora, UNISON*  
 luyapego11@hotmail.com

Las Zeolitas son aluminosilicatos hidratados de gran importancia para la industria, esto por su capacidad de absorción además de tener la habilidad de hidratarse y deshidratarse, estas propiedades se deben a su estructura micro porosa con cavidades de 3 a 10 amstrong, las cuales permiten un intercambio iónico entre moléculas en minerales como la Clinoptilolita, Mordenita y Chabasita, que pertenecen al grupo de las zeolitas naturales Cuando las zeolitas naturales se someten a una temperatura entre 350° - 400° estas se deshidratan dando lugar a la propiedad de perder y ganar agua, este proceso va dejando pequeñas cavidades, permitiendo así el paso de partículas de menor tamaño y excluyendo las de mayor tamaño. Gracias a este fenómeno las zeolitas son utilizadas como filtrador de diferentes materiales. Entre sus variadas aplicaciones en el ámbito de la geológica ambiental las mas populares son su buen funcionamiento en tratamientos de aguas residuales y reducción en contaminación del aire, un claro ejemplo de la eficiencia de las zeolitas como filtro se encuentra en el caso del tratamiento del aire de la ciudad de Hermosillo, Sonora; donde se habían reportado problemas con la cantidad de metales pesados dispersos y dicho problema fue solucionado tras la implementación de zeolitas.

Sesión regular

# **GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO**

Organizadores:

Manuel Calvo Rathert  
Rubén Cejudo Ruiz  
Miguel Ángel Cervantes  
Ana Caccavari

## GEOPAL-1

## UNA NUEVA MIRADA DE LA ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (AMS) DE LAS SECUENCIAS DE DEPÓSITOS MUY PRÓXIMAS DEL CRÁTER CHICXULUB, POZOS YAXCOPOIL-1, UNAM-5 Y UNAM-6

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

La unidad de brecha del pozo Yaxcopoil-1 (Yax-1) presenta variaciones en composición mineralógica y texturas que indican diferentes condiciones y modos de emplazamiento. La unidad está conformada por 6 subunidades (entre los 795-895m de profundidad), con la subunidad basal emplazada en alta temperatura en flujo y la subunidad superior como depósito de caída libre o retrabajado. Estas diferencias y distintos modos de emplazamiento están registrados en las fábricas magnéticas. La susceptibilidad magnética varía de 0 a 8000x10<sup>-6</sup>SI en relación con las unidades estratigráficas mostrando un incremento mayor en la unidad 4 llamada suevita media; el grado de anisotropía corregida Pj divide en dos la unidad. El parámetro de forma T no exhibe una forma definida. La NRM muestra un comportamiento similar al de la susceptibilidad magnética. Los gráficos de la inclinación de los ejes principales de susceptibilidad magnética k1 y k3 versus profundidad y sus proyecciones ortográficas muestran concordancia con modelos de transporte de rocas piroclásticas. La sucesión clásica de impacto del pozo UNAM-5 está compuesta de cuatro unidades estratigráficas (332-504m). La unidad basal U4 ó brecha suevítica rica en roca de fusión; U3 brecha suevítica con matriz vítrea y arcillosa; U2 brecha suevítica con matriz de roca de fusión y U1 brecha suevítica con matriz arcillosa. Al igual que el Yax-1 presenta variaciones en su composición mineralógica y texturas que indican diferentes condiciones y modos de emplazamiento. La susceptibilidad magnética es paramagnética y varía desde 5 a 5000x10<sup>-6</sup>SI con un incremento de ésta hacia la base de la unidad. La NRM muestra un comportamiento homogéneo en la base de la unidad y variable en las primeras dos unidades (0 a 0.5A/m) con respecto de la profundidad. El Pj divide en tres la unidad de brechas con los mayores valores en las unidades U2B a U3B. El parámetro de forma T no muestra una forma definida del elipsoide de susceptibilidad magnética. Las fábricas magnéticas reflejan el proceso de depósito indicando periodos de turbulencia. La sucesión de la brecha polimíctica tipo Bunte del UNAM-6 presenta cinco unidades estratigráficas. Los análisis hechos se realizaron entre los 281-421m de profundidad. La susceptibilidad magnética negativa indica el material diamagnético del que está compuesta esta brecha. La NRM versus la profundidad presenta un comportamiento homogéneo en la unidad A y variable hacia la base de una columna. Pj también muestra un comportamiento homogéneo a lo largo de la sección analizada a excepción de los primeros 20m. Las fábricas magnéticas exhiben comportamientos definidos hacia la parte superficial de cada subunidad indicando lapsos de tiempo y sugieren diferentes condiciones de flujo en el emplazamiento entre una unidad y otra.

## GEOPAL-2

## FÁBRICA MAGNÉTICA DE LA FORMACIÓN CHICONTEPEC, PUEBLA

Castro Valbuena Cristian, Molina Garza Roberto, Sierra Rojas María Isabel, Ortiz Gómez Leidy y Corbo Fernando  
 Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM  
 cvalbuenap@uqvirtual.edu.co

Se reporta resultados de un estudio piloto de la fábrica magnética de la Formación Chicontepec, que aflora en la región central y sur de la cuenca Tampico Misantla. En la región central comprendida entre la autopista Mexico Tuxpan al sur y el límite estatal entre Veracruz e Hidalgo al norte. En la región se colectó muestras en 16 sitios que corresponden a tres asociaciones de facies principales: facies de conglomerados masivos, facies de canal y facies de desborde de canal. Las facies conglomeráticas y de canales dominan el relieve desarrollando geoformas de mesetas adyacentes a colinas suavizadas, las cuales se desarrollan en las facies dominadas por lutitas. Las mediciones se realizaron en las dos últimas facies. El estudio de fábrica se realizó con el objetivo de evaluar la hipótesis de que el strike-eléctrico cercano a E-W en sondeos electromagnéticos en la cuenca pudiera estar controlado por anisotropía en la susceptibilidad magnética en las areniscas de la Formación Chicontepec. Los análisis de laboratorio incluyen anisotropía de la susceptibilidad magnética (AMS) y de la remanencia (AARM), así como adquisición de remanencia isoterma (IRM) y variación de k vs T para caracterizar la mineralogía magnética. Los valores de susceptibilidad magnética son del orden de 40 a 70 x10<sup>-6</sup> SI por lo que la fábrica parece estar controlada por la fracción paramagnética. Las as curvas de IRM casi alcanzar saturación con inducciones < 0.3 T, y se pueden modelar con una componente de baja coercitividad que contribuye ~90% y una de alta coercitividad que contribuye <10%. Las curvas termomagnéticas están dominadas por las fases paramagnéticas. En la fábrica de anisotropía se observan tres tipos de comportamiento que corresponden en menor proporción a fábricas sedimentarias (k3-vertical), y mayormente a fábricas tectónicas incipientes y fábricas tectónicas bien desarrolladas. Las fábricas sedimentarias están caracterizadas por imbricación de la foliación magnética perpendicular a los datos de paleocorrientes obtenidos en campo, que general son

consistentes del NW al SE 34 a 70 grados máximo. En los sitios con fábricas tectónicas, que generalmente corresponden a sitios más cercanos al frente de deformación, las lineaciones magnéticas están bien agrupadas en el cuadrante NW con bajas inclinaciones. Así, que se rechaza la hipótesis de que el strike eléctrico esté controlado por la fábrica magnética y se propone que el principal control en la fábrica es la deformación compresiva laramídica. Proyecto CONACYT FC, N°1787.

## GEOPAL-3

## APORTES A LA GEOCRONOLOGÍA ABSOLUTA DEL CAMPO VOLCÁNICO LOS HUMEROS (PUEBLA): ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO COMBINADO DE FLUJOS DE LAVA Y CONOS DE ESCORIA

Serrano Daniel<sup>1</sup>, Principe Claudia<sup>2</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>3</sup>, Devidze Marina<sup>4</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>5</sup>, Morales Juan<sup>6</sup> y Martínez Oscar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Ciencias de la Tierra (UMSNH)

<sup>2</sup>Instituto di Geoscienze e Georisorse – CNR, Archaeomagnetic laboratory ARCHEO\_Lab, Villa Borbone, Viareggio (LU), ITALY.

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>4</sup>M. Nodia Institute of Geophysics, Ivane Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

<sup>5</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero  
 dasega154@gmail.com

El Campo Volcánico Los Humeros forma parte del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. Cuenta con un basamento conformado de rocas intrusivas y metamórficas, una secuencia sedimentaria plegada e instruidas por granodioritas terciarias y sienitas. Dataciones de rocas volcánicas para la caldera da una estimación de 3.5 a 1.55 Ma. Este proyecto presenta los resultados de paleomagnetismo y paleointensidad de 14 de flujos de lava y conos de escoria ubicados a lo largo de Campo Volcánico Los Humeros en el estado de Puebla, los cuales se formaron durante la etapa post-caldera en el Holoceno. Los sitios de estudio están asociados a la actividad volcánica posterior a la formación del Miembro Cuicuiltic de 6.4 ka B.P., el cual se consideró como horizonte guía. El objetivo de este trabajo pretende aportar nuevos datos a la curva de variación secular para el Holoceno y la obtención de datos geocronológicos y paleomagnéticos. Se midió la magnetización remanente natural, se hicieron experimentos de desmagnetización por campos alternos y experimentos de susceptibilidad magnética para identificar su estabilidad térmica y magneto-mineralógica de cada muestra. Se establecieron criterios para determinar la paleointensidad por medio del método de doble calentamiento de Thellier, en donde se seleccionaron las muestras con una sola componente magnética dominante y con comportamiento razonablemente reversible en curvas termomagnéticas. Empleando las componentes del vector geomagnético completo (declinación, inclinación e intensidad) y el modelo geomagnético global SHA.DIF.14k se determinaron las edades, las cuales fueron comparadas con las obtenidas por métodos radiométricos (14C) o paleomagnéticos previas. Se concluye que los conos de escoria son portadores magnéticos confiables, ya que los resultados obtenidos tanto en paleodirecciones, intensidades, y en edades son similares con los encontrados en la literatura.

## GEOPAL-4

## ESTUDIO DE LA VARIACIÓN SECULAR DEL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA REGISTRADA EN UNIDADES ÍGNEAS ASOCIADAS AL RIFT TEPIC ZACOALCO

Cervantes Solano Miguel Ángel<sup>1</sup>, Díaz Ortega Ulises<sup>2</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>3</sup>, García-Ruiz Rafael<sup>4</sup>, Rosas-Elguera José<sup>4</sup> y Morales Juan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

<sup>2</sup>Posgrado en Geociencias y Planificación del Territorio, UMSNH-UNAM

<sup>3</sup>Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, IGUM-UNAM, Morelia, México

<sup>4</sup>Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, México  
 miguel\_cervantes@enesmorelia.unam.mx

En el presente trabajo se presentan los resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado en las unidades ígneas asociadas al Rift Tepic Zacoalco. Se recolectaron muestras provenientes de 21 sitios todos ellos con edades radiométricas entre los 3 y 5 Ma. Luego de realizar los experimentos de magnetismo de rocas y los tratamientos magnéticos fue posible determinar direcciones paleomagnéticas para 17 de las unidades estudiadas de las cuales 4 tienen polaridad normal, 8 polaridad invertida y 5 con polaridades consideradas como transicionales. Luego de descartar a las polaridades intermedias y de trasponer las polaridades inversas, el promedio de Fisher obtenido y su correspondiente polo geomagnético virtual, se aprecia una diferencia significativa respecto de los polos geomagnéticos esperados según las curvas de deriva polar aparente para América del Norte en la misma temporalidad, esta diferencia puede atribuirse a una posible rotación tectónica ocurrida en la región donde se localiza el Rift respecto de la placa Norteamericana.

## GEOPAL-5

## ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DE FLUJOS DE LAVA CONSECUTIVOS DEL PLIO-PLEISTOCENO DEL CÁUCASO MENOR GEORGIA: IMPLICACIONES GEOMAGNÉTICAS Y GEODINÁMICAS

Gómez Mena Berenice<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>2</sup>, Cervantes Solano Miguel Ángel<sup>3</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>4</sup>, Calvo Rathert Manuel<sup>5</sup>, Morales Juan<sup>2</sup> y Gómez Vasconcelos Martha Gabriela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, INICIT, UMSNH

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM.

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia.

<sup>4</sup>Universidad de Burgos, España

<sup>5</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra UMSNH  
berogomez1414@gmail.com

Resumen En el presente trabajo se dan a conocer los resultados de un estudio paleomagnético y magnetismo de rocas realizado, con el objetivo de estudiar las variaciones del campo magnético de la Tierra registradas en rocas provenientes de flujos basálticos emplazados consecutivamente en la región del Cáucaso Menor en Georgia durante el Plio-Pleistoceno. El sitio de estudio se localiza en la región volcánica de la Meseta Djavakheti, situada en la parte occidental del Cáucaso Menor al sur de Georgia. Los experimentos de magnetismo de rocas (curvas K-T), señalan que para la mayoría de las muestras se presenta una sola fase ferromagnética con temperatura de Curie cercana a los 570°C, esto sugiere la presencia de Titanomagnetita pobre en titanio como el mineral magnético responsable de la magnetización presente en las muestras estudiadas, se observa también un comportamiento prácticamente reversible en las curvas de calentamiento y enfriamiento. El análisis paleomagnético se realizó a 135 núcleos pertenecientes de 20 coladas independientes de lava, todos los sitios muestran direcciones paleomagnéticas de polaridad geomagnética inversa, con una dirección media de Fisher Dec: 200.1°, Inc: -61.5 N = 20, #95 = 3.1°, lo que indica una baja dispersión dentro de los sitios, así como datos direccionales de buena calidad. La posición polo geomagnético virtual correspondiente arrojado para este estudio es VGP LAT °S 75.1°, VGP LONG E 122.1°. Estos resultados y las edades radiométricas de esta secuencia de lavas, entre 1.7 Ma a 1.9 Ma, sugieren que el emplazamiento de todos los flujos fue rápido y previo al inicio de la transición hacia el subcrón de polaridad magnética normal conocido como Olduvai de 1.7-2.0 Ma.

## GEOPAL-6

## ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE FLUJOS DE LAVA ASOCIADOS AL CAMPO VOLCÁNICO MICHOCACÁN GUANAJUATO (ÁREA DE TACÁMBARO-PURUARÁN) EMITIDAS DURANTES LOS CRONES GEOMAGNETICOS BRUHES Y MATUAYAMA

Sebastián Reyes José Daniel<sup>1</sup>, Cervantes Solano Miguel Ángel<sup>2</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>, Morales Juan<sup>3</sup> y Gómez Vasconcelos Martha Gabriela<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

<sup>2</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacán

<sup>4</sup>Catedras CONACYT. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH, Morelia, Michoacán  
jdannys18@gmail.com

El área de Tacámbaro-Puarán localizada en el margen sureste del Campo Volcánico Michoacán Guanajuato (CVMG) tiene una historia prolongada de vulcanismo con una intensa actividad monogenética durante el Holoceno. Estudios paleomagnéticos previos realizados en la misma región reportaron diversos eventos de polaridad geomagnética, particularmente durante el último millón de años. En el presente trabajo se presentan resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado a 11 flujos de lavas independientes localizados en el área de Tacámbaro-Puarán. Todos los flujos cuentan con dataciones radiométricas (40Ar-39Ar) y 14C, con un rango de edades que van desde 0.38 ± 0.01 Ma hasta 0.98 ± 0.06 Ma, lo que los sitúa dentro de los crones Brunhes y Matuyama. Luego de haber realizado los experimentos de magnetismo de rocas y tratamientos magnéticos fue posible identificar a la Magnetita o Titanomagnetita con bajo contenido en Titanio como el mineral responsable de la magnetización presente en las muestras estudiadas, también fue posible obtener las direcciones paleomagnéticas promedio en 8 de los 11 flujos estudiados, de las cuales 6 son de polaridad Normal, una de polaridad Invertida y una de polaridad Intermedia (considerando el ángulo de corte de 45°). Estos resultados junto con las edades radiométricas correspondientes permiten establecer de manera preliminar una correlación magnetoestratigráfica con la escala de polaridad geomagnética para el último 1Ma.

## GEOPAL-7

## PALEOMAGNETISMO Y MAGNETISMO DE ROCAS DE LA UNIDAD DIQUIYÚ (JURÁSICO INFERIOR) DEL TERRENO MIXTECO, MÉXICO

Osorio Afanador Diego Alberto y Molina Garza Roberto  
Universidad nacional autónoma de México, UNAM  
dialoso@geociencias.unam.mx

En este trabajo reportamos una dirección paleomagnética primaria obtenida en rocas volcánicas del Jurásico Inferior del Terreno Mixteco (Norte de Oaxaca - Sur de Puebla, México). Fueron estudiadas andesitas y riolitas de la Unidad Diquiyú, aflorantes en el núcleo del Anticlinorio de Diquiyú, en la Cuenca de Tlaxiaco. Este conjunto de rocas fue originado en un ambiente de tras-arco influenciado por esfuerzos tensionales originados por el rompimiento de Pangea. Por medio de análisis microscópicos, IRM y curvas de histéresis se determinó que los minerales que acarrearán la magnetización son magnetita y hematita, ambos portadores de remanencias primarias adquiridas durante la cristalización de las lavas, como lo revelan pruebas positivas de conglomerado y de pliegue, además de direcciones antipodales. La dirección primaria promediada de 23 sitios (Dec: 83.8; Inc: -1.4; a95: 9.4; k: 11.25) difiere significativamente en declinación de las direcciones de referencia de la misma edad para el cratón norteamericano. A pesar de la ambigüedad de hemisferio manifiesta por la baja inclinación y la dirección casi E-W, se pudo determinar una rotación horaria de la región de aproximadamente 80° que fue completada antes del Cretácico cuando las declinaciones de tanto el Terreno Mixteco como de el cratón norteamericano coinciden. La paleolatitud calculada (-0.7°) coincide con la posición ecuatorial de Norteamérica durante el Jurásico Temprano y permite posicionar al Terreno Mixteco en zonas adyacentes al cratón; la paleolatitud calculada coincide con el registro sedimentario de la zona que revela el predominio de climas cálidos y húmedos durante la deposición de las sucesiones sedimentarias que sobreyacen y/o se interdigitan con la Unidad Diquiyú.

## GEOPAL-8

## CARACTERIZACIÓN DE LA SERIE DE TIEMPO DE LAS MEDICIONES DEL OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO DE TEOLOYUCAN

Flores Márquez Elsa Leticia<sup>1</sup> y Peredo Márquez Andrés<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
leticia@igeofisica.unam.mx

El campo magnético terrestre tiene gran relevancia no sólo en las actividades de comunicación antropogénicas, sino también en fenómenos como las migraciones de diversas especies. Por ello, durante varias décadas, se han realizado diversas investigaciones para determinar los parámetros más relevantes que influyen en sus variaciones. En el presente trabajo se realiza un análisis de la serie de datos del campo magnético medidas por minuto en el Observatorio Magnético de Teoloyucan (TEO) correspondiente al año 2017, conjuntamente con el índice ecuatorial Dst publicado por la Universidad de Kioto. A través de un análisis de correlación cruzada de estas series, con lags de una hora, se observan características de interés entre ambas series de tiempo. Las correlacionadas, en su mayor parte corresponden con un máximo, localizado en un desplazamiento nulo. También se observan picos aproximadamente simétricos con respecto al eje y localizados entre los 100 y 200 lags. Además, destaca una anti-correlación para lags superiores a 250. La buena correlación entre las series permite afirmar que las variaciones observadas en TEO y correlacionadas con el índice Dst, corresponden a variaciones inducidas por fenómenos de índole global, mientras que las anticorrelaciones superiores a 250 lags, son de menor magnitud y debidas a fenómenos locales.

## GEOPAL-9 CARTEL

## PROPIEDADES MAGNÉTICAS, QUÍMICAS Y TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL MATERIAL PÁRTICULADO EN CORREDORES VIALES CON DIFERENTE TIPO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Cejudo Ruiz Rubén<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Bautista Francisco<sup>2</sup>, Cervantes Solano Miguel Ángel<sup>3</sup>, Mendiola López Fabiola<sup>1</sup>, Cortes Jose<sup>1</sup>, Morales Juan<sup>1</sup> y Pelcaste Jessica<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, LUGA-IG, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores Campus Morelia, UNAM Campus Morelia  
xinef2005@yahoo.com.mx

El crecimiento de los centros urbanos trae consigo un aumento en la emisión de residuos y emisiones contaminantes. Algunas ciudades han implementado medidas o cambios para mitigar los efectos que provocan en el ambiente. Una medida de mitigación es la actualización del parque vehicular del sistema de transporte público y modificación de rutas, con la finalidad de disminuir la concentración de material peligroso en el ambiente. El presente trabajo tuvo como objetivo hacer una caracterización y evaluación de las propiedades magnéticas, químicas y tamaño de partículas en material particulado procedente de los diferentes corredores

viales que implementan medidas de mitigación para la reducción de emisiones contaminantes, este estudio fue realizado en la Ciudad de México, con la finalidad de determinar si las variaciones en el medio de transporte público cambian las condiciones de concentración de material magnético, de los metales pesados y del tamaño del material particulado. El material de investigación fue recolectado en seis corredores viales de avenidas primarias de la ciudad. Los resultados indicaron variaciones en el contenido de material magnético, concentración de metales pesados, tamaño y concentración de partículas finas. Se identificó la presencia de magnetita neo-formada como principal portador magnético y posible portador de metales pesados en el polvo urbano, hay detección de concentración de partículas ultra finas (<0.05  $\mu\text{m}$ ) de material ferrimagnético en todas las muestras. La concentración alta de Cu, Cr, Pb, V y Zn fue ubicada en dos regiones de la ciudad, las cuales se social a la actividad comercial e industrial. Se observó una proporción mayor del 10 a 15% del peso para el tamaño de partícula fina y ultra fina (<2  $\mu\text{m}$ ) en varios sitios de la ciudad. Las muestras obtenidas del circuito aeropuerto contienen altas concentraciones de material ultra fino y mostró concentración de Cr y Zn, por lo que se le considera el área más probable para presentar problemas de contaminación y de riesgo para la salud humana. En general, los parámetros magnéticos, concentración de metales pesados y tamaño de partícula no presentaron diferencias estadísticamente significativas para los diferentes corredores viales, por lo que asta el momento las medidas de mitigación no tienen un fuerte impacto par a mitigar la emisión de gases contaminantes en la Ciudad de México.

#### GEOPAL-10 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MATERIAL PARTICULADO DE FUENTES ANTRÓPICAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO: UN NUEVO MÉTODO PROXY PARA DIAGNOSTICAR SITIOS CONTAMINADOS

Espinosa Cortes Boris<sup>1</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>2</sup>,  
Gogichashvili Avto<sup>2</sup>, Morales Juan<sup>3</sup> y Bautista Francisco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, ITCM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia  
boriz.espinosa@hotmail.com

Las ciudades de México no cuentan con un sistema de monitoreo ambiental que permita determinar de forma rápida y confiable la concentración de elementos potencialmente tóxicos (EPT). Existen métodos alternativos que pueden usarse para este fin. Estudios hechos de magnetismo ambiental en suelos muestran que existe una correlación entre elementos potencialmente tóxicos (metales pesados) y parámetros magnéticos. Sin embargo, aún hay poca información sobre este tema que permitan determinar con precisión los valores de un suelo contaminado. El propósito de este trabajo fue identificar aquellos parámetros magnéticos que manifiestan una correlación con la concentración de EPT en suelos y establecer un valor umbral por medio de uso de suelo que permitan detectar de forma rápida y confiable suelos contaminados. Se recolectaron 502 muestras de suelo superficial mediante un muestreo sistemático de grilla rectangular, la separación entre muestras fue de 500 m. Se obtuvieron los parámetros magnéticos de susceptibilidad magnética máscica (#), Susceptibilidad específica (Xlf), porcentaje de la susceptibilidad magnética dependiente de la frecuencia (#fd %), magnetización remanente natural (NRM), curvas de magnetización remanente isotérmica (MRI) y el cociente S-300, respectivamente y se determinó las concentraciones de Cr, Cu, Ni, Pb, y V por fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (FRX-DE). Los resultados mostraron valor de parámetros magnéticos de: xlf con valores de 0.49 a 7.91  $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  con un valor de mediana de 0.76  $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ; Xdf% con valores entre 0.0 a 15.4%; magnetización remanente isoterma (MRI) a 1000 mT con valores de 8.27 a 109.27  $\text{mAm}^2 \text{m}^{-1}$ . Las concentraciones promedio de metales pesados fue: Cr de 121.30  $\text{mg kg}^{-1}$ ; Ni de 67.75  $\text{mg kg}^{-1}$ ; el Cu de 331.63  $\text{mg kg}^{-1}$ ; el Pb de 345.76  $\text{mg kg}^{-1}$  y V de 59.68  $\text{mg kg}^{-1}$ . Se observó una correlación lineal entre los parámetros magnéticos y la concentración de metales pesados de Cr y V con coeficiente de correlación de 0.4. El análisis espacial de metales pesados indicó una acumulación importante de Cu, Pb y V en la zona central y este de la Ciudad, en zonas de uso de suelo de tipo industrial y comercial. Se ha propuesto un valor preliminar para valores magnéticos que permitiría determinar un suelo contaminado.

#### GEOPAL-11 CARTEL

### NÚCLEOS CONTRA MUESTRAS DE MANO, POSIBLE EFECTO DE MAGNETIZACIONES SECUNDARIAS RELACIONADAS A LA PERFORACIÓN: CASO DE FLUJOS DE LAVA Y CONOS DE ESCORIA DEL HOLOCENO ASOCIADOS AL CAMPO VOLCÁNICO LOS HUMEROS, PUEBLA

Martínez Calixto Oscar<sup>1</sup>, Príncipe Claudia<sup>2</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>3</sup>,  
Serrano Daniel<sup>4</sup>, Devizze Mariana<sup>5</sup>, Gogichashvili Avto<sup>3</sup> y Morales Juan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

<sup>2</sup>Istituto di Geoscienze e Georisorse – CNR, Archaeomagnetic laboratory ARCHEO\_Lab, Villa Borbone, Viareggio (LU), ITALY.

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM.

<sup>4</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>5</sup>M. Nodia Institute of Geophysics, Ivane Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia  
oscarcalixto2@gmail.com

Las mediciones de magnetización remanente en núcleos paleomagnéticos estándares a menudo revelan un componente secundario de magnetización, que se adquiere durante el proceso de perforación y se conoce como magnetización remanente inducida por perforación. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un estudio paleomagnético del Complejo Volcánico de los Humeros (CVLH), en donde, se usó una técnica alternativa de muestreo, con el objetivo de obtener una mayor precisión en la determinación de las direcciones paleomagnéticas. El estudio comprende 127 especímenes cúbicos provenientes de 12 sitios (flujos de lava y escoria) perteneciente al Holoceno. Se realizó un procedimiento estándar de desmagnetización de campos alternos para determinar las paleodirecciones en el laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural del Instituto de Geofísica UNAM, Campus Morelia. Los especímenes se desmagnetizaron en campos entre 60 y 70 mT y no presentaron componentes secundarias. Se logró determinar 12 paleodirecciones, de las cuales 10 son de tipo normal y 2 de tipo invertidas tendientes a excursionales. La técnica de muestreo empleada reduce la dispersión de direcciones obtenida mediante muestras colectadas por perforaciones tradicionales.

#### GEOPAL-12 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO DE LOS MAARS ALJOJUCA Y TECUITLAPA, PUEBLA, MÉXICO

Díaz Gómez Yahaira Citlally<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis Manuel<sup>2</sup>,  
Mahgoub Ahmed Nasser<sup>2</sup> y Rodríguez Trejo Alejandro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
yahairada16@gmail.com

Los maars Aljojuca y Tecuitlapa son el resultado de una etapa transicional de actividad magmática y freatomagmática. Se encuentran localizados al este del Eje Volcánico Transmexicano, dentro de la cuenca de Serdán-Oriental. Se obtuvieron 47 núcleos de roca del maar Aljojuca y 62 de Tecuitlapa, los cuales se extrajeron de fragmentos que estaban embebidos en la matriz de la toba. Se determinarán las diferentes fases magnéticas con las curvas de susceptibilidad magnética vs. temperatura alta (20 – 650 °C) y con las curvas de enfriamiento obtener la existencia o no de reversibilidad; así como en baja temperatura (-192 – 0 °C). Los ciclos de histéresis en conjunto con las curvas k-T determinaran el mineral portador magnético. Al final se espera obtener una temperatura de emplazamiento de la toba y altas probabilidades de definir el tiempo en que sucedió dicho evento volcánico.

#### GEOPAL-13 CARTEL

### ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DEL FLUJO DE LAVA DACITA ORIZABA DEL VOLCÁN CITLALTÉPETL, VERACRUZ-PUEBLA, MÉXICO

Martínez-Izaguirre Evelin<sup>1</sup>, Juárez Arriaga Erick<sup>2</sup> y Böhnell Harald<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
evemi@ciencias.unam.mx

El Volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba) se encuentra localizado en el extremo este de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), es considerado un volcán activo, ya que su actividad más reciente ocurrió en 1867; la historia eruptiva de este estratovolcán se divide en tres etapas: Torrecillas (650-290 ka), Espolón de Oro (210-16 ka) y Citlaltépetl (16 ka al presente); la etapa más reciente se compone de un volumen de lava total de 25  $\text{km}^3$ , dividido en tres flujos: Dacita Malacara, Andesita Vaquería y Dacita Orizaba. El presente trabajo muestra un estudio paleomagnético de tres sitios ubicados en el Flujo Dacita Orizaba, cuya edad estratigráfica es <4-4.5 ka. Considerando un total de 36 núcleos se calcularon las paleodirecciones obteniendo una dirección media de Dec.  $2.4 \pm 2^\circ$ , Inc.  $43.9 \pm 2^\circ$ . Asimismo, se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética, curvas de histéresis y curvas termomagnéticas. Con esto se busca poder realizar un fechamiento paleomagnético

del flujo de lava, además de aportar información para la curva de variación secular del Holoceno en nuestro país.

#### GEOPAL-14 CARTEL

### ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DE LA IGH-TSF EN SAN CARLOS-NUevo GUAYMAS, COSTA DE SONORA: UNA NUEVA CORRELACIÓN CON BAJA CALIFORNIA

Piña-Páez Adriana<sup>1</sup>, Vidal Solano Jesús Roberto<sup>1</sup> y Stock Joann M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora

<sup>2</sup>California Institute of Technology  
adrianappaezw@gmail.com

Los Algodones es un área ubicada en el norte del poblado de San Carlos en Guaymas, Sonora, México. Esta región costera está caracterizada por la presencia de un basamento cristalino laramídico del Cretácico tardío con secuencias, de lavas del Mioceno temprano-medio, de composición intermedia a máfica en la base y, lavas del Mioceno tardío, de composición félsica a intermedia en la cima, con una evidencia de al menos dos depósitos ignimbriticos. El resultado más relevante de este estudio es, que una de las unidades piroclásticas encontradas en el área corresponde a la Ignimbrita de Hermosillo-Toba de San Felipe (IGH-TSF), un marcador estratigráfico ampliamente distribuido en el NW de México, y que con base en sus características petrográficas, geoquímicas y paleomagnéticas es correlacionable con los depósitos reportados en Cataviña (~430km), Delicias (~470 km) y Sierra San Felipe (~500 km) Baja California. En este trabajo se presentan los resultados de la correlación basada en la magnetización remanente característica obtenida por campos alternos a baja temperatura de 23 núcleos obtenidos a partir de muestras orientadas en dos sitios. Los resultados arrojan, que los especímenes extraídos del sitio 1, sí corresponden a la IGH-TSF debido a que muestran la misma polaridad inversa y baja inclinación reportada en la literatura. Sin embargo, los resultados de los núcleos tomados en la misma unidad litológica en el sitio 2, arrojaron un vector característico totalmente diferente. Esto se interpreta como una remanencia secundaria obtenida por una intrusión andesítica presente en el sitio afectando el campo remanente natural característico de la IGH-TSF.

#### GEOPAL-15 CARTEL

### DETERMINACIÓN PALEOMAGNÉTICA DE LA TEMPERATURA DE EMPLAZAMIENTO Y DATACIÓN DE LA PRIMERA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CERRO COLORADO, CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, SONORA, MÉXICO

Chablé Torres Alma Gerik<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis Manuel<sup>2</sup>, Rodríguez Trejo Alejandro<sup>3</sup>, Mahgoub Ahmed Nasser<sup>4</sup>, Vidal Solano Jesús Roberto<sup>5</sup>, Perrin Mireille<sup>6</sup> y Paz Moreno Francisco<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Geofísica, Laboratorio de Paleomagnetismo, Ciudad Universitaria 04510, Ciudad de México, MÉXICO.

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México: Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Ciudad Universitaria 04510, Ciudad de México, MÉXICO.

<sup>4</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Blvd. Juriquilla No. 3001, Querétaro 76230, México.

<sup>5</sup>Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora, México.

<sup>6</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France.  
gerikalma@outlook.com

El Cerro Colorado es un anillo de toba volcánica ubicado dentro del campo volcánico El Pinacate en el estado de Sonora, Noreste de México. Es producto de dos erupciones freatomagmáticas, la más reciente estimada en 3.9 ka. (Alva-Valdivia et al., 2018). Los líticos presentes en esta unidad volcánica conforman un anillo de toba, siendo estos, ideales para realizar este estudio. Se colectaron 50 núcleos de roca cilíndricos de 1" diámetro y 4 a 8 cm largo, obtenido de fragmentos líticos de tamaño diversos, 10 a 30 cm embebidos en las paredes del anillo de toba, perteneciente a la erupción más antigua. Se presentan resultados del estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizados en los líticos del área de estudio con el fin de estimar la temperatura de emplazamiento de los bloques en la zona más longeva de este anillo de toba y de algunos flujos de lava presentes. La caracterización de las propiedades magnéticas se llevó a cabo mediante los experimentos de susceptibilidad vs. temperatura alta y baja (20 a 650°C; y -192 a 0 °C, respectivamente); así como de ciclo de histéresis, a fin de determinar los minerales portadores de la magnetización. El análisis direccional de la muestra se llevó a cabo mediante un proceso detallado de desmagnetización térmica, para así obtener la temperatura de emplazamiento. La datación del episodio volcánico se efectuó en base al programa Matlab de Pavón -Carrasco et al., (2014), utilizando la dirección de la componente secundaria (declinación e inclinación magnética).

#### GEOPAL-16 CARTEL

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

González Rangel Jose Antonio<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis Manuel<sup>1</sup>, Vidal Solano Jesús Roberto<sup>2</sup>, Perrin Mireille<sup>3</sup>, Paz Moreno Francisco<sup>2</sup> y Rodríguez Trejo Alejandro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNAM, Instituto de Geofísica

<sup>2</sup>Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Sonora

<sup>3</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, IRD INRA Coll. France, CEREGE, Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM  
antoniog@geofisica.unam.mx

El Cráter El Elegante es un imponente centro hidrovolcánico (maar) localizado en la porción centro-este del Campo Volcánico El Pinacate (CVP), NW de Sonora. Formado por la mezcla explosiva que se originó del contacto de magma ascendente con cuerpos o corrientes de agua subterránea. Este es el resultado de varios episodios freatomagmáticos sucedidos durante el Cuaternario tardío, cuenta con una figura circular casi perfecta, un diámetro de 1600 m, una profundidad de 250 m y edad de 32,000 años. Perteneció al período de volcanismo joven basáltico-hawaítico del CVP. Se muestran estimaciones cuantitativas del rango de temperaturas de emplazamiento en estas facies basadas en la magnetización termoremanente adquirida por rocas volcánicas. Los experimentos se efectuaron en 38 núcleos orientados, colectados de bloques de roca embebidos en la toba expuesta en el anillo superior. Los resultados de las curvas de susceptibilidad magnética vs. baja y alta temperatura, los ciclos de histéresis y la saturación de la magnetización remanente isoterma, sugieren que los minerales responsables de la magnetización son: titanomagnetitas. Sin embargo, las curvas de k-T muestran que en varios casos existen dos diferentes fases termomagnéticas durante el calentamiento, y que las curvas de enfriamiento muestran irreversibilidad indicando la presencia de titanomagnetita y titanomaghemita. El tratamiento térmico se utilizó para desmagnetizar las muestras en intervalos de temperatura cortos (cada 20°C). Los resultados muestran dos temperaturas de emplazamiento para estas unidades, una de baja temperatura (240°C - 380°C, y otra de alta temperatura 520°C - 580°C). Se analizaron estas direcciones (baja y alta temperatura), esto nos dará una idea más confiable desde el punto de vista paleomagnético y vulcanológico.

#### GEOPAL-17 CARTEL

### RECONSTRUCCIÓN DE LAS CARTAS MAGNÉTICAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN Y SU ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

Paredes-Arriaga Alejandro<sup>1</sup>, Caccavari Garza Ana<sup>2</sup>,  
Hernández Quintero Esteban<sup>2</sup> y Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra - UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica - UNAM  
apa@ciencias.unam.mx

En este trabajo se presentan los resultados de la recuperación y análisis de los datos que históricamente fueron utilizados para elaborar en las cartas magnéticas de la República Mexicana. Se realizaron análisis geoestadísticos generales para evaluar los métodos de reducción de datos, enfocados a los métodos de interpolación utilizados para realizar dichas cartas y así, plantear la metodología actualizada más idónea. Obtenido esto, se recrearon las cartas magnéticas de diferentes épocas, generando una base de metadatos para el análisis de la variación temporal de cada componente del campo magnético en el territorio mexicano. Es importante dar seguimiento a este tipo de estudios considerando el invaluable registro de mediciones históricas que existen en nuestro país, como la realizada, en 1587 por el pirata británico Thomas Cavendish en Cabo Corrientes, y considerando también que la primera carta magnética para el territorio mexicano fue realizada con datos recabados para la época de 1630.0, publicada en el Arcano de Mate, en Florencia, Italia. Este trabajo busca combinar técnicas geoestadísticas modernas y aprovecharlas para actualizar; mejorar y conservar la calidad de la información histórica existente.

Sesión regular

# **GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA**

Organizadores:  
Daniel Peralta  
Ligia Pérez-Cruz

GEOQP-1

## LOS METACARBONATOS DEL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, IMPLICACIONES GEOLÓGICAS

Camarena Vázquez Jesús Guillermo<sup>1</sup>, Pérez Venzor José Antonio<sup>2</sup>, Schwennicke Tobias<sup>2</sup> y Schaaf Peter<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
<sup>2</sup>UABCS  
<sup>3</sup>UNAM  
 jg.camarena@uabcs.mx

El Complejo Plutónico de La Paz, ubicado en la porción meridional del estado de Baja California Sur, se caracteriza por una secuencia de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que van desde el Jurásico al Cenozoico. Tectónicamente están asociadas a una subducción que inició en el Cretácico y finalizó con una tectónica extensional dando origen al Golfo de California a principios del Mioceno. Generalmente, en las zonas de subducción los procesos geológicos más representativos son: generación de magmas, la formación de arcos volcánicos, metamorfismo y deformación. Estos procesos están registrados en las rocas metamórficas e ígneas dentro del Complejo Plutónico de La Paz. Las rocas metamórficas afloran en zonas o áreas específicas de la región y son agrupados en complejos metamórficos de Todos Santos, sierra La Gata y el margen oriental del bloque Los Cabos. Las rocas metamórficas dentro de estos complejos están representadas por paragneis, ortogneis, anfíbolitas, pizarras, filitas, esquistos y metacarbonatos (mármoles, skarn y rocas calcosilicatadas) y provienen de protolitos tanto ígneos como sedimentarios. Los protolitos de los metacarbonatos generalmente se deben a secuencias de calizas, calizas impuras y margas provenientes de ambientes de plataforma o cuencas oceánicas. Por lo anterior, estudiar estos metacarbonatos nos permitirá conocer las condiciones geológicas antes y durante la subducción como: origen y ambiente de depósito de los sedimentos, condiciones de metamorfismo (presión y temperatura), edad de metamorfismo y la configuración tectónica Jurásica-Cretácica. Esto se llevará a cabo con trabajo de campo para definir unidades, posición estratigráfica y análisis geoquímicos y geocronología. Este trabajo expone los resultados obtenidos hasta el momento de la investigación y sus implicaciones.

GEOQP-2

## LOS SISTEMAS DE DIQUES Y SU RELACIÓN CON LAS FASES MAGMÁTICAS EN EL COMPLEJO PLUTÓNICO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

Pérez Venzor José Antonio, Schwennicke Tobias, Camarena Vázquez Jesús Guillermo y Pérez Espinoza Jesús Efraín  
 Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
 japerez@uabcs.mx

El área de estudio está ubicada en la región meridional de la península de Baja California y corresponde a la provincia geológica denominada Complejo Plutónico de La Paz, conformada principalmente por rocas plutónicas y metamórficas. En toda la provincia afloran varios sistemas de diques algunos ya fueron reportados en trabajos previos. Sin embargo, fue pertinente realizar estudios más a detalle de los diferentes sistemas de diques para establecer sus características estructurales, petrográficas (megascópicas y microscópicas), geoquímicas, estratigráficas; con el objetivo de establecer la relación que guardan con las fases de la deformación, el metamorfismo y magmatismo de la provincia. Durante el trabajo de campo fue posible reconocer varios sistemas de diques que están distribuidos en la provincia, pero algunos con una marcada tendencias a dominar en determinadas regiones. Las relaciones de campo entre los sistemas de diques y con las rocas de caja permiten agruparlos en diques deformados y sin deformar los primeros asociados a los complejos metamórficos son de composición granítica (proto a milonitas) y mafica (anfíbolíticos). Los diques sin deformar están asociados a los ensambles plutónicos pre sin y posttectónicos, son de composición granítica de textura fanerítica, cuarzo-feldespáticos de aplitas y pegmatitas, diques tonalíticos porfídicos, diques maficos de afaníticos a microporfídicos. Estratigráficamente los diques más antiguos están representados por los diques deformados (miloníticos y anfíbolíticos) de protolito ígneo (félsico y mafico) respectivamente que representan al menos dos fases magmáticas y de deformación. Otro sistema de diques sin deformar está asociado a las rocas intrusivas más antiguas (tonalitas y Granitos) de 116 Ma a 94 Ma. En el sistema montañoso central que está conformado por rocas tonalíticas y gaudioríticas sin deformación penetrativa y con edades entre 75 Ma a 68 Ma, afloran diques en donde los más antiguos corresponden a diques: graníticos faneríticos, cortados por el sistema de diques pegmatíticos y aplíticos, estos a su vez son cortados por un sistema de diques porfídicos de composición tonalítica y finalmente están los diques maficos de textura afanítica que cortan a los sistemas anteriores, tienen una amplia distribución tanto en las rocas metamórficas como en rocas pre, sin y pos tectónicas. La distribución, asociación, composición y relaciones de campo de los diques estudiados indican varias fases de eventos magmáticos que permiten ubicarlos en espacio y tiempo, así como relacionarlos con las fases magmáticas mayores representadas por los intrusivos principales de la provincia. El trabajo expone los resultados obtenidos de la investigación y sus implicaciones para esta región del país.

GEOQP-3

## ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL MAGMATISMO JURÁSICO EN EL NE DE MÉXICO (LOCALIDADES: GALEANA Y MINA, NUEVO LEÓN; CD. VICTORIA, TAMAULIPAS)

Castañeda Narvaez Erik y Velasco Tapia Fernando  
 Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL  
 erick\_narvz@outlook.com

En el Noreste de México, la estratigrafía de la parte inferior del Mesozoico está representada por secuencias siliciclásticas (Formación El Alamar, La Boca y La Joya) y evaporíticas (Formación Minas Viejas). Estas unidades han sido penetradas por cuerpos magmáticos, los cuales exhiben diferencias en mineralogía, geoquímica, edad y ambiente geotectónico. El magmatismo expuesto en Valle Huizachal (Cd. Victoria, Tamaulipas) se encuentra dentro de la Formación La Boca (Jurásico Inferior) en forma de domos riolíticos, posiblemente derivados de la corteza superior y flujos basálticos, generados en el manto superior, ambos con una afinidad tectónica a arco continental. En el área de Galeana, Nuevo León, una secuencia de tobas volcánicas félsicas y domos traquiandesíticos a riocáciticos con edad U-Pb en circón de 158 Ma (Oxfordiano), relacionados a un ambiente de arco continental, ocurre dentro de evaporíticas de la Formación Minas Viejas (Jurásico Medio-Superior). Por otra parte, el magmatismo en la Cuenca de la Popa (Mina, Nuevo León) se presenta, emplazado dentro de diapiros salinos de la Formación Minas Viejas, en forma de cuerpos volcánicos y plutónicos que varían en composición máfica a intermedia. Se ha estimado una edad de enfriamiento 40Ar/39Ar en biotita primaria de 147 Ma (Tithoniano) en una sienita. El magmatismo de la Cuenca de la Popa exhibe una afinidad tectónica a rifting continental y su origen podría estar asociado a una fusión parcial de un manto enriquecido en la zona de estabilidad de espinela. El análisis de la información mineralógica, geoquímica e isotópica para las muestras de Valle de Huizachal y Galeana sugiere la evolución de un arco de continental en el margen oeste de Norteamérica que se desarrolló durante el Jurásico (~198-149 Ma). Este sistema podría ser la prolongación del arco Permo-Triásico. El magmatismo extensional expuesto en la Cuenca de la Popa (~160-150 Ma) estaría relacionado al proceso de fragmentación de Pangea y la apertura inicial del Golfo de México, coetáneo con el estadio final del magmatismo de arco continental.

GEOQP-4

## PETROLOGÍA Y PETROGRAFÍA DE LA SECUENCIA DE LAVAS E IGNIMBRITAS DEL EOCENO-OLIGOCENO DEL ÁREA MESA LA VIRGEN – CALERILLA AL SUR DE LA CIUDAD DE ZACATECAS

Hernandez Martínez Karla Rubí<sup>1</sup>, Kumar Verma Sanjeet<sup>1</sup>, Torres Hernández José Ramón<sup>2</sup> y Torres Sánchez Dario<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
 karla.hernandez@ipicyt.edu.mx

El área de estudio llamado mesa La-Virgen-Calerilla es ubicada en la inmediación de la ciudad de Zacatecas, aproximadamente a 20 km al sur de la ciudad. La mesa La Virgen-Calerilla se encuentra en el borde de las provincias fisiográficas Sierra Madre Occidental (SMOc) y Mesa Central (MC), sin embargo sus unidades volcánicas pertenecen a la SMOc. El afloramiento está constituido principalmente por el conglomerado rojo de Zacatecas, riolita Bufo y formación La virgen, depósito formado por conglomerado y arenisca que aflora en los alrededores de la ciudad, agrupación de rocas félsicas y rocas de 36.8 millones de años, respectivamente. La zona es afectada por fallas normales y sus unidades corresponden a la edad Eoceno-Oligoceno, siendo confirmado en la carta geológica F13-B68 de nombre Guadalupe del Servicio Geológico Mexicano (SGM). La geoquímica indica una clasificación en la secuencia de tres rocas principales que cae dentro de la serie de rocas alcalinas y se puede observar la proyección de las muestras en el campo de traquita, dacita y riolita. En su evaluación de elementos mayores se hace evidente una alteración significativa en tres de las muestras recolectadas donde su valor en loss on ignition o bien pérdida por ignición (LOI) es mayor al 3%, estas rocas son dacitas y bajo el estudio de mineralogía se identifica su contenido de sanidinos, cuarzo, plagioclasa y escasa biotita. La secuencia volcánica de edad Oligoceno es clasificada petrográficamente en lavas riolitas e ignimbritas estratificadas y masivas bien soldadas que cuentan con alta presencia de fiames en el tope de la columna estratigráfica. En conclusión, se considera en el evento una fusión parcial que se originó de un magmatismo de intraplaca formando este tipo de rocas y aún se está trabajando para lograr definir si se estuvo en interacción la corteza inferior o la corteza superior.

## GEOQP-5

## INTRUSIVO PEÑÓN BLANCO, UN GRANITO SINOROGÉNICO TIPO "S" EN LA PARTE SUR DE LA MESA CENTRAL DE MÉXICO

Torres Hernández José Ramón<sup>1</sup>, Morales-Gómez Miguel<sup>2</sup>,  
Barboza-Gudiño José Rafael<sup>1</sup> y Tristán-González Margarito<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, IG, UASLP  
<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, FI, UASLP  
jrtorres@uaslp.mx

El intrusivo Peñón Blanco se ubica en los límites de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas y pertenece a una serie de intrusivos en la parte sur de la Mesa Central de México cuyas edades van de 55 a 43 Ma. Para este intrusivo se conocen tres fechamientos; 48±4 Ma, 45.3±1.1 Ma (K-Ar en muscovita), y 50.94 ± 0.47 Ma (40Ar/39Ar en roca entera). Dado que se han reportado edades del Paleoceno-Eoceno temprano (por palinología) y del Eoceno medio (42 Ma, K-Ar en roca entera), (Eoceno medio), para las secuencias conglomeráticas de Taxco Zacatecas, y San Luis Potosí, respectivamente, en cuencas tectónicas continentales que han sido interpretadas por diversos autores como resultado del relajamiento de la corteza engrosada al cesar los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide, una pregunta obligada en cuanto a la génesis de este intrusivo es si corresponde a un evento ligado a la orogenia Laramide ("Colisional Continental Granite"), o se ubica como post-orogénico transicional ("Post-Orogenic Uplift/Collapse Granite"). Los análisis químicos de elementos mayores muestran que contiene >75% de SiO<sub>2</sub>, 14.5 a 15.5% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La suma de álcalis entre 7.5 y 8%; el calcio representa solo el 0.2%. El contenido de óxidos mayores, graficados en el diagrama de TAS, lo ubican dentro de las rocas calco-alcálicas, cerca del límite de la alcalinidad; la relación Al/(Ca+Na+K) Vs Al/(Na+K), ubica esta roca como peraluminosa. La mineralogía reportada es de feldespato potásico > cuarzo > plagioclasa > biotita > muscovita, y la matriz representa hasta un 40%. La edad del intrusivo y las características químicas y mineralógicas permiten ubicarlo como granito tipo "S" emplazado en la etapa tardía de la orogenia Laramide (80 a 40 Ma), durante la cual, un complejo volcánico-sedimentario de arco oceánico se acreció paulatinamente en el borde del continente. Las fosas que se formaron en el Eoceno (Guanajuato, Taxco y Zacatecas), por incluir en los conglomerados que las rellenan las litologías correspondientes a las rocas acrosionadas, son interpretadas comúnmente como relacionadas a un evento de colapso post orogénico. Las características de adelgazamiento cortical, combamiento del manto astenosférico que inducen fusión parcial del manto, fusión parcial de la corteza continental, tectonismo extensional y vulcanismo bimodal asociado que retratarían un ambiente tectónico Post-Colisional Transicional, se han reportado para esta región de México Central pero en magmatismo que inició a los 32 Ma, y se han asociado al desarrollo de la provincia del "Basin and Range" (Oligoceno-Mioceno).

## GEOQP-6

## CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS BÁSICAS Y ULTRABÁSICAS INTRUSIVAS DE LA SIERRA DE SAN CARLOS, TAMAULIPAS

Leal Cuellar Víctor Alejandro<sup>1</sup>, Ramírez Fernández Juan Alonso<sup>1</sup>, Velasco Tapia Fernando<sup>1</sup> y González Guzmán Renée<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Linares-Cerro Prieto Km. 8. 67700 Linares, N.L.  
<sup>2</sup>Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Carretera Ensenada-Tijuana 3918, Zona Playitas. Ensenada, B.C.N  
victorlealfct@outlook.com

La Sierra de San Carlos (SSC) es un complejo ígneo alcalino ubicado en la parte centroccidental del estado de Tamaulipas, que forma parte de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM). Este complejo ha sido clásicamente dividido en tres sectores principales: (1) la parte norte, compuesta por rocas monzodioríticas; (2) la parte central, compuesta por rocas sieníticas y (3) la parte sur, compuesta por rocas gabríticas y cumulatos ultramáficos asociados. El presente estudio se centra en el análisis petrológico de las rocas gabríticas de la parte sur del complejo, en particular en la base de los cañones Boca de Álamos, La Gloria, Rincón Murillo, Santa Cruz y Carricitos. En campo las rocas gabríticas presentan fuertes variaciones modales y texturales, indicando complejos procesos de emplazamiento y deformación sinmagmática. Estas han sido clasificadas como leucogabros, melanogabros y cumulatos ultramáficos, los cuales presentan una composición mineralógica principal de olivino ± clinopiroxeno ± plagioclasa ± biotita ± anfíbol, en algunos casos con nefelina, apatito y/o titanita como minerales accesorios. Las rocas presentan un carácter geoquímico predominantemente alcalino siendo estos magmas normativos en nefelina. De acuerdo con los diagramas multielementos y REE, se puede apreciar un enriquecimiento muy marcado en elementos LILE y LREE y un empobrecimiento en elementos HFSE y HREE. Los gabros presentan características geoquímicas de magmas primarios, es decir, que no sufrieron procesos de diferenciación magmática importantes. Por otra parte, los cumulatos ultramáficos son producto de procesos intensos de cristalización fraccionada temprana. Con la ayuda de diagramas de discriminación tectonomagmática, relaciones de elementos traza se propone que estas rocas fueron generadas en ambiente geotectónico de intraplaca continental.

## GEOQP-7

## ESTUDIO DE INCLUSIONES DE VIDRIO EN LA EVOLUCIÓN MAGMÁTICA DE DOS DIFERENTES DEPÓSITOS IGNIIMBRÍTICOS EN EL COMPLEJO CALDERICO DE ACOCULCO

Perez Orozco Juan Daniel<sup>1</sup>, Sosa Ceballos Giovanni<sup>2</sup> y Macías Vázquez José Luis<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacán  
juandan.perez@gmail.com

El Complejo Calderico de Acoculco (CCA; 2.7-0.06 Ma) es localizado en la parte este del Cinturón Volcánico TransMexicano. La evolución volcánica del CCA ha sido descrita en función de su edad relativa comparada con el colapso de la caldera y es clasificado en rocas pre, syn, post y extra-caldera. El CCA produjo 3 depósitos explosivos: la ignimbrita andesítica de Acoculco (iA; 2.7 Ma, syn-caldera), la ignimbrita riolítica de Piedras Encimadas (1.3 Ma, late post-caldera) y la ignimbrita riolítica de Tecoloquillo (iT; 0.8 Ma, late post-caldera). Además, el CCA ofrece una oportunidad de investigar la evolución magmática y su relación con los reservorios syn-caldera y post-caldera, la localización a profundidad, el origen de los magmas y los procesos magmáticos que actúan en una cámara magmática después del colapso. Se investigó la profundidad y los procesos magmáticos que modificaron dos erupciones ignimbriticas en el CCA (iA y iT como miembros extremos). Se analizó la geoquímica de elementos mayores y traza en roca total, el contenido de volátiles (H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>) y la composición del vidrio en inclusiones, así como la química mineral de anfíboles. Los análisis de geoquímica de roca total indican que la erupción que formó la caldera es de composición andesítica (62.17 wt.% SiO<sub>2</sub>) y el evento ignimbritico late post-caldera (iT) es de composición riolítica (75.81-83.62 wt.% SiO<sub>2</sub>). Las anomalías de elementos traza muestran la interacción de magmas calcoalcalinos y peralcalinos. Las inclusiones de vidrio fueron analizadas en plagioclasa para iA y en cuarzo para iT. La composición del vidrio de inclusiones comparadas con el vidrio en matriz indica un proceso de mezcla de magmas. Las inclusiones de iA son de composiciones riolíticas, traquidacíticas y dacíticas, y la matriz en pómez es riolítica. Las inclusiones de iT son de composición riolítica, y el vidrio en pómez es traquítico. Los contenidos de CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O sugieren una presión de entrapamiento de 2-3 kbar que equivalen a aproximadamente 7-8 km de profundidad. La química mineral de anfíboles se aplicó a un geobarómetro e indica una presión similar a las inclusiones de vidrio para iT, pero sugiere la existencia de cuerpo magmático profundo para iA. La composición de inclusiones de vidrio muestran que la mezcla de magmas es el principal proceso que formó iA e iT, y el entrapamiento de ambos magmas ocurrió en el mismo nivel en la corteza pero estos magmas actuaron en diferentes plumbing systems.

## GEOQP-8

## DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE OH EN FELDESPATOS COMO INDICADOR DE PROCESOS PETROGENÉTICOS Y POST-DEPOSICIONALES DE LA IGNIIMBRITA PIEDRAS ENCIMADAS A TRAVÉS DE MICRO-FTIR

Boijseauneau López Mario Emmanuel<sup>1</sup> y Sosa Ceballos Giovanni<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, ENES UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM  
cswasa@gmail.com

La Ignimbrita Piedras Encimadas (IPE) pertenece a la actividad explosiva y post-caldera del Complejo Calderico de Acoculco (CCA), es el resultado de la reactivación del sistema magmático en la porción noreste de la zona hacia 1.3 Ma. Este depósito tiene una estructura masiva con variaciones verticales en el grado de soldamiento entre la base, la parte media y la cima. Principalmente IPE está soportada por una matriz de ceniza y tiene una mineralogía de feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y anfíbol. El estudio de concentraciones de OH en feldespatos de IPE puede proveernos información sobre parámetros petrogenéticos o termodinámicos durante la formación mineral y puede ser analizada con base en estudios de micro – FTIR. La concentración de OH en los feldespatos ocurre como deformaciones en la celda unitaria que permite el alojamiento intersticial de esta molécula o como una sustitución de tetraedros de silicio con otros elementos como el Al o Ba. El OH presente en estos minerales puede variar con el contenido en volátiles o con procesos de recalentamiento posteriores a su formación. Este trabajo muestra que el contenido de OH en feldespatos es variable sin importar el nivel del depósito en el que se encuentren. La mayor parte de IPE muestra cristales sin contenido de OH coexistiendo con minerales que presentan concentraciones bajas y moderadas de OH. La presencia de OH estructural en estos cristales posiblemente sea producto del agua contenida en el melt mientras el mineral se encontraba en crecimiento. Aunque, es posible que este contenido de agua observado esté subordinado a la presencia de micro y nano inclusiones de vidrio. Los cristales que se muestran secos pudieran estar relacionados con procesos de difusión de H debido al enfriamiento lento posterior a la deposición del material o a eventos hidrotermales posteriores, los cuales son evidentes en algunas regiones del CCA:

GEOQP-9

## ESTUDIO TERMOCRONOLÓGICO DEL COMPLEJO ACATLÁN: RESULTADOS PRELIMINARES

Florez Amaya Sandra Lorena, Abdullin Fanis, Maldonado Roberto y Solari Luigi A.  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 lorena.florez2013@gmail.com

La zona de estudio comprende el cinturón medio del Complejo Acatlán entre las localidades de Patlanoaya, Acatlán, Tecamatlán y Mariscala de Juárez. La unidad de interés en el complejo corresponde al Grupo Piaxtla, donde las rocas expuestas indican facies de eclogita y esquistos azules, así como los Granitoides Esperanza. Algunos estudios geocronológicos encuentran para el Grupo Piaxtla edades de enfriamiento de 370 ± 34 Ma para los Granitoides La Esperanza con U-Pb en zircones, comparables con las edades propuestas con Sm-Nd en granates de las rocas eclogíticas, asociadas a la Orogenia Acadiana. Otros datos encontrados proponen edades de enfriamiento de 374-317 Ma en moscovita y 430 Ma en Hornblenda para las unidades de Tehuiztzingo y metasedimentarias como Metzontla y Tecomate; sin embargo, la unidad Granitoides La Esperanza no cuenta con datos directos. A pesar de los estudios geocronológicos existentes, no se tiene claridad sobre los eventos posteriores a la cristalización de los intrusivos correspondientes a la unidad de los Granitoides La Esperanza, ni a los eventos posteriores al metamorfismo en las unidades que conforman el Grupo Piaxtla. En este estudio se realiza un análisis mediante trazas de fisión en apatitos, cuya técnica permite establecer la historia térmica de rocas tanto ígneas, sedimentarias y metamórficas, ya sea de una exhumación rápida o varios episodios de exhumación y sepultamiento. Por tanto, mediante esta técnica se busca establecer la caracterización del Grupo Piaxtla, en términos de historia de enfriamiento post-metamórfico, es decir, exhumación y erosión, así mismo constreñir los eventos que puedan ser identificables de acuerdo al contexto regional del área y los estudios previos en otras unidades.

GEOQP-10

## CLASTOS VOLCÁNICOS PÉRMICOS EN LA FORMACIÓN MATZITZI, SUR DE MÉXICO: USO DE ISOTOPIA DE HF EN LOS MODELOS DE ACRECIÓN DE PANGEA OCCIDENTAL

Juárez Zúñiga Sandra, Solari Luigi A. y Ortega Obregón Carlos  
 Centro de Geociencias, UNAM  
 sjuarez@hotmial.com

La formación Matzitzzi es una sucesión sedimentaria detrítica que aflora en el sur de México cuyo depósito durante el Pérmico-Triásico inferior está asociado a los procesos de acreción del occidente de Pangea ecuatorial. En la Fm. Matzitzzi se han reconocido dos fuentes de procedencia principales: el complejo Oaxaqueño subyacente y una componente menor derivada del arco Carbonífero-Pérmico del sur de México. En este trabajo se presenta un estudio isotópico de Hf en circones de clastos volcánicos pérmicos de la Fm. Matzitzzi (ca. 280 Ma) para evaluar las características de las fuentes de magma y constreñir los modelos de evolución tectónica del sur de México a finales de la era Paleozoica. Los valores de Hf en círculo permiten diferenciar dos grupos de clastos volcánicos con diferente firma isotópica. El primer grupo está formado por los circones de clastos sub-volcánicos de composición intermedia que tienen valores de #Hf(t) de -7.8 a +0.2 y edades modelo corticales de 1.6 a 1.7 Ga. Estos valores sugieren la fusión de fuentes corticales isotópicamente evolucionadas con un tiempo de residencia cortical del Paleoproterozoico tardío y Mesoproterozoico. El segundo grupo está conformado por los circones de clastos volcánicos de composición más félsica que tienen valores más radiogénicos, con un #Hf(t) de -3.5 a +8.8. Estos valores indican que las fuentes de los magmas generadores involucraron distintas unidades corticales moderadamente evolucionadas con características isotópicas variables, en donde los valores positivos de #Hf(t) indican la incorporación de material juvenil con afinidad mantélica. Las edades modelo corticales para este grupo son más jóvenes y varían entre 0.7 y 1.5 Ga, indicando la fusión de corteza neo-mesoproterozoica. Los valores de Hf de los clastos volcánicos de la Fm. Matzitzzi traslapan los valores reportados para distintos cuerpos ígneos carboníferos-pérmicos en el sur de México que se han interpretado como las raíces del arco magmático emplazado en los bloques corticales del noroeste de Gondwana. El vulcanismo reconocido en la Fm. Matzitzzi puede representar la componente extrusiva de dicho arco, la cual no se había reconocido previamente en la región. El magmatismo de arco en el sur de México a finales del Paleozoico y su extinción en el Triásico están asociados al ensamble de Pangea a lo largo de la extensión sur de la sutura Variscana-Ouachita.

GEOQP-11

## PROPUESTA DE LA GÉNESIS DEL MÁRMOL CAFÉ TABACO DE TEPEXI DE RODRÍGUEZ PUEBLA, POR DIFRACCIÓN DE POLVOS DE RAYOS X

Muñoz Máximo Ignacio<sup>1</sup>, Rubio Rosas Efraín<sup>1</sup> y Agustín Serrano Ricardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento - BUAP, DITCo-BUAP  
<sup>2</sup>Facultad de Física-BUAP  
 imunozcp@gmail.com

El municipio de Tepexi de Rodríguez Puebla, se localiza a -61.5 Km al sureste de la ciudad de Puebla. Es una depresión tectónica que regionalmente pertenece a la cuenca Tehuiztzingo-Tepexi (Silva-Romo, 2010), limitada al sur por las fallas Tepexi y el Gavilán, y al norte por los lineamientos el Progreso y Cordón de la Cuesta. La variedad de mármol Café Tabaco, es una roca dolomita que tiene relación espacial con la Formación Claro de Luna. Se han analizado 3 canteras diferentes (en cerro Gordo) denominadas como CFT-1, 2 y 3 (respectivamente), donde se colectaron 26 especímenes (3 en CFT-1, 11 en CFT-2 y 12 en CFT-3). La morfología y textura de las muestras se determinó con microscopía de luz transmitida y microscopía electrónica de barrido. Con el uso de SEM-EDS (JEOL JSN 6610lv) se identificaron y semicuantificaron los elementos existentes en cada espécimen (se determinó la composición media de CaO, MgO, FeO, SrO, MnO, SiO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>). El estudio de Difracción de polvos de Rayos X (DRX), se realizó con un equipo BRUKER D8 DISCOVER (con fuente de Cobre, Cu Ka1, con acondicionamiento de fuente a 40 KV y 40 mA.) y la identificación de los difractogramas para definir las fases cristalinas se realizó con el programa DIFFRAC EVA V. 4.0 (con base de datos cristalográfica ICDD PDF24). Las muestras analizadas se trituraron a grado talco en mortero de ágata manualmente, y se tamizaron a malla 200 (76 µm) para homogenizar el tamaño de la partícula, buscando evitar una sobre-compactación mecánica (durante el vaciado en el porta muestras). Todas las muestras se analizaron en un rango de 2θ (theta) de 5° a 85°, con un incremento de 0.026° y un tiempo de incidencia de 0.6 segundos por paso. La técnica de Difracción de polvos de Rayos X (DRX) permitió identificar las fases minerales dolomita, calcita, ankerita, cuarzo y hematita. A partir de la caracterización del espectro obtenido con DRX, se determinó su grado de estequiometría a partir del contenido de CaCO<sub>3</sub> en % mol en función del contenido de Ca y la distancia del pico en el difractograma d104 (Goldsmith y Graf, 1958) utilizando la ecuación de Lumsden (1979): CaCO<sub>3</sub> mol % = M/d + B; donde M=333.33, d= pico de dolomita en la posición d104 y B= 911.99. El contenido de MgCO<sub>3</sub> en % mol se estimó utilizando la ecuación de Arvidson and Mackenzie (1999): MgCO<sub>3</sub> mol % = #3.6396d+11.0405; donde d= al pico de la dolomita en la posición d104 del difractograma, el grado de orden R, se calculó a partir de R= I [015] / I [110] empleando el software DIFFRAC EVA V. 4.0 para la extracción de las posiciones 015 y 110. Los intervalos R y CaCO<sub>3</sub> % mol son congruentes con los ambientes de formación propuestos por Geske et al (2015), donde se asocia que la génesis del mármol Café Tabaco, corresponde con un ambiente tipo Sabkha e hidrotermal. Todos los estudios se realizaron en los laboratorios de DITCo-BUAP.

GEOQP-12

## RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA CANTERA DE TLAYÚA (FORMACIÓN TLAYÚA: CRETÁCICO INFERIOR, ALBIANO; PUEBLA, MÉXICO) POR MEDIO DE LAS CONCENTRACIONES DE TIERRAS RARAS E ITRIO (REE+Y)

Juárez-Aguilar Edwin Aldrín<sup>1</sup>, Bernal Juan Pablo<sup>2</sup> y Sánchez-Beristain Francisco<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM  
<sup>3</sup>Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM  
 aldrin\_6@comunidad.unam.mx

El paleoambiente de la Cantera de Tlayúa, una famosa localidad fosilífera datada para el Albiano y ubicada en el estado de Puebla, es reconstruido con ayuda de las concentraciones de Tierras Raras e Itrio (REE+Y). Los sedimentos seleccionados para este fin se encuentran libres de terrígenos y de fosfatos, condiciones imprescindibles para obtener valores fidedignos de estos elementos. Se obtuvieron nueve patrones legibles de REE+Y, mismos que se distinguen por los siguientes rasgos: Anomalías positivas de lantano e itrio, anomalías negativas de cerio y valores menores a 1 de las proporciones de PrSN/YbSN y DySN/YbSN. Por su parte, no existen anomalías claras de europio y gadolinio. Los resultados indican que las condiciones de depósito de dichos sedimentos se presentaron en un ambiente marino (anomalías positivas de La e Y; proporciones PrSN/YbSN y DySN/YbSN <1), con presencia de oxígeno circulante (anomalía negativa de Ce). La ausencia de la anomalía de Gd está relacionada a que éste es un rasgo de tiempos recientes debido al aporte antropogénico, en tanto que la ausencia de la anomalía de Eu indica que no hay presencia significativa de hidrotermalismo o de sedimentos volcánicos disueltos. Estos resultados corresponden al primer análisis geoquímico por medio de REE+Y efectuado en la localidad.

GEOQP-13

## ASOCIACIONES MINERALES DE ALTERACIÓN Y PATRONES DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES PARA LA EXPLORACIÓN DE LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DE ACOCULCO, PUEBLA

Rodríguez Díaz Augusto<sup>1</sup>, Ibarra Mendoza Jessica<sup>2</sup>, Armenta García Carlos Gabriel<sup>3</sup>, Bailon de los Santos Alondra<sup>4</sup>, González Romo Irving Antonio<sup>5</sup>, Prol Ledesma Rosa María<sup>1</sup> y Velasco Tapia Fernando<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato

<sup>3</sup>Universidad de Sonora

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León

<sup>5</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica  
geard@hotmail.com

La zona geotérmica de Acoculco está localizada al norte de Puebla, dentro de la región este de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Esta zona ha sido de interés para la exploración geotérmica debido a que presenta manifestaciones termales que incluyen mofetas, manantiales termales, emanaciones difusas, depósitos de sinter y zonas de alteración hidrotermal que se distribuyen en las regiones de centro a norte del prospecto Acoculco: Azufres, Alcaparrosa, Agua Salada y El Madroño. El sistema geotérmico se encuentra alojado en una secuencia de rocas volcánicas asociadas a la Caldera de Acoculco y sus manifestaciones termales septentrionales están relacionadas espacialmente a una serie de domos dacíticos. El análisis de lineamientos a través de imágenes satelitales de la región centro-norte de Acoculco revelan cuatro sistemas estructurales: NE-SW, NW-SE, N-S y ENE-WSW, siendo los dos primeros los más antiguos. Los sistemas ENE-WSW y NW-SE están relacionados con las manifestaciones Azufres y Alcaparrosa, mientras que para Agua Salada serían los sistemas ENE-WSW y N-S, y finalmente para El Madroño los sistemas NW-SE, NE-SW y ENE-WSW. Estos patrones de lineamientos corresponden a fallas normales de alto ángulo de buzamiento con un arreglo escalonado generalizado. Se efectuó un muestreo geológico en noventa y cinco diferentes afloramientos y zonas con manifestaciones termales activas e inactivas. Las muestras de depósitos y alteraciones hidrotermales fueron analizadas con espectroscopía de infrarrojo cercano (SWIR) y petrografía para identificar la asociación mineral de alteración y poder agruparlas en tipos de alteración. Se identificaron ópalo, calcedonia, cuarzo, montmorillonita, budingtonita, amonio esmectita, barita, pirita, anatasa, alunita, caolinita y goethita. En el área existe evidencia de alteraciones de tipo argílica intermedia y avanzada, silicificación y oxidación. Los depósitos de sinter constan de ópalo, montmorillonita y calcita, con abundantes restos de plantas y diatomeas. La intensidad de lineamientos y arreglos ENE-WSW, N-S y NW-SE, proximidad a domos, presencia y distribución de alteración argílica intermedia y avanzada, así como depósitos de sinter en su conjunto evidencian la relevancia de Alcaparrosa y Agua Salada como áreas de oportunidad para exploración geotérmica a detalle.

GEOQP-14

## CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL GRUPO PRE-CALDERA Y CALDERA DE LA GEOLOGÍA DEL SUBSUELO DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Peña Rodríguez Daniela, Carrasco Núñez Gerardo y Hernández Rojas Javier  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
daniela.prdz@geociencias.unam.mx

El campo geotérmico de Los Humeros (CGLH) se localiza en el sector oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano, en los límites del estado de Puebla y Veracruz, es uno de los principales complejos volcánicos silíceos del Cuaternario. La explotación geotérmica en el CGLH está a cargo de Comisión Federal de Electricidad (CFE) con una capacidad instalada de 95 MW de energía eléctrica. La geología del subsuelo ha sido reportada a partir de los pozos perforados por CFE en los últimos 30 años, mediante columnas litoestratigráficas y clasificaciones de las unidades del subsuelo. La geología del subsuelo del CGLH se agrupa en: a) Basamento Pre-volcánico, b) Grupo Pre-caldérico, c) Grupo caldérico y d) Grupo Post-caldérico, a la cual se asocian 8 unidades litoestratigráficas, recientemente revisadas (Carrasco-Núñez, 2017) para su correlación con la geología superficial con base en caracterizaciones petrográficas, geoquímicas y datos geocronológicos. A partir de la caracterización petrográfica y geoquímica detallada de un total de 12 pozos geotérmicos disponibles se llevó a cabo un análisis profundo de tipo geoquímico, mediante el uso de elementos mayores, elementos traza y tierras raras inmóviles (Zr, Nb, La, Yb, Ta) por medio de diagramas de clasificación composicional, diagramas bivariables, diagramas multielementos y diagramas de REE que exhiben un comportamiento geoquímico característico de la litología del subsuelo, complementado con una comparación con muestras de superficie y descripciones petrográficas, lo que permitió establecer campos y firmas geoquímicas característicos de cada unidad litológica. Los resultados de este estudio confirman la gran heterogeneidad que presenta la litoestratigrafía del subsuelo en el CGLH, permitiendo definir con mayor certidumbre las correlaciones entre diferentes unidades, particularmente entre los grupos pre-caldérico y caldérico. Este trabajo fue financiado por los proyectos 4.5 del consorcio GEMEX 2015-04-268074 y P05 del CemieGEO 207032. Se agradece el apoyo de CFE para su realización

GEOQP-15

## ESTUDIO PETROLÓGICO DE LA METEORITA CONDRÍTICA ALDAMA B, H5; S2; W3

González Medina Karla Guadalupe<sup>1</sup> y Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Nucleares

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
karlagonzalezmedina05@gmail.com

Las meteoritas son rocas provenientes de cuerpos planetarios que se encuentran sobre la superficie terrestre. El estudio de las características texturales y mineralógicas nos ayudan a obtener la clasificación del metamorfismo térmico, por impacto y el intemperismo terrestre. En este trabajo se presenta un estudio petrológico de una condrita ordinaria con el objetivo de investigar si el ejemplar está emparentada con la condrita Aldama b. Las técnicas petrológicas que se utilizaron para hacer la clasificación de la muestra fue la petrografía, análisis de química mineral y textural. Los minerales de la condrita estudiada tienen una composición de fayalita de 18.79 % mol y ferrosilita de 17.79 % mol por lo que se clasifica como una condrita del grupo H. La clasificación del metamorfismo térmico tiene dos criterios importantes: el sistema cristalino de los piroxenos pobres en Ca y el tamaño de los microlitos de feldespato; la meteorita presenta en mayor abundancia de enstatita ortorrómbica y microlitos de feldespato con tamaños promedio de 3.75 µm que la sitúa en un tipo petrológico 5. La clasificación de metamorfismo por impacto se obtuvo por la presencia de olivinos con extinción ondulante, fracturas irregulares y vetillas opacas que ubica a esta condrita en un grado de choque S3. El intemperismo terrestre que sufrió la condrita se calculó con la estimación de halos de oxidación de las aleaciones de Fe-Ni. El promedio de oxidación es de 40 % de área, lo cual la ubica en un grado de intemperismo moderado W2. Se concluye que la condrita estudiada se clasifica como una meteorita que pertenece a la clase de condrita ordinaria H5; S3; W2, mientras que la condrita Aldama b reportada en la literatura es H5; S2; W3, por lo tanto, se pueden emparentar y se considera que provienen de la misma caída de material. Agradecimientos: Trabajo y beca financiados con el proyecto PAPIIT IN117619.

GEOQP-16

## CARACTERIZACIÓN DE UNA METEORITA METÁLICA DE LA LOCALIDAD DE REAL DE CATORCE, S. L. P., MÉXICO

López García Karina<sup>1</sup>, Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth<sup>2</sup>, Ruvalcaba Sil José Luis<sup>3</sup>, Mitrani Viggiano Alejandro<sup>3</sup>, Segura Antígona<sup>4</sup>, Montoya Pérez Miguel Ángel<sup>1</sup> y Linares López Carlos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Departamento de Física, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Física, UNAM

<sup>4</sup>Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

<sup>5</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

loga.karina@ciencias.unam.mx

Las meteoritas metálicas son materiales extraterrestres muy densos compuestos por más del 90 % de aleaciones de Fe-Ni. Se asume que estas meteoritas son ejemplares análogos de lo que se encuentra en los núcleos de los cuerpos rocosos que experimentaron diferenciación. Por lo tanto, el identificar, caracterizar y estudiar estos cuerpos es parte fundamental para proponer y enriquecer los modelos de formación planetaria, así como para el estudio de la historia del sistema solar. En este trabajo se caracterizó estructural, mineralógica y químicamente una meteorita metálica procedente de Real de Catorce, San Luis Potosí para comprobar si se encontraba emparentada con los ejemplares de la lluvia de fragmentos de la meteorita Descubridora (octaedrita media del grupo químico IIIAB), hallados en el mismo municipio. Se realizó una caracterización morfológica y textural a través de observaciones por microscopio estereográfico y microsonda electrónica de barrido. Se calculó el grado de intemperismo por el método de Ikeda y Kojima y se identificaron los óxidos e hidróxidos presentes mediante EDS y espectroscopia Raman. Finalmente, se calculó la composición química por medio de WDS y FRX. Además, dentro de este trabajo, se desarrolló y validó una metodología para calcular la composición química por FRX a partir de calibrar con una matriz similar. Para realizar esto, se empleó el equipo portátil SANDRA (Sistema de Análisis No Destructivo de Rayos X), desarrollado en el LANCIC del Instituto de Física de la UNAM, y se utilizaron como materiales de referencia internos a las meteoritas metálicas Campo del Cielo y Sikhote Alin, cuyas composiciones son conocidas y están reportadas en la literatura. Con base en los análisis y observaciones realizadas, se concluye que: la meteorita estudiada es una octaedrita gruesa con un grado de fracturamiento A/B y un grado de intemperismo B; presenta schreibersita entre los cristales de kamacita, rhabditas dentro de los cristales de kamacita y plessita tipo degenerada y peine; pertenece al grupo químico IC, ya que tiene un contenido de Ni de entre 6.51 y 7.04 wt. % y de Ge de entre 130 y 250 ppm. Por lo tanto, la meteorita estudiada presenta tanto una clasificación textural como una clasificación química y características que difieren con las reportadas para Descubridora. Se agradece el apoyo económico del proyecto PAPIIT IN117619 para realizar el trabajo analítico.

## GEOQP-17

## PETROGRAFÍA DE DIQUES MÁFICOS EN EL COMPLEJO METAMÓRFICO DEL RANCHO LOS FILTROS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Fierro-Sandoval Saúl<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>,  
Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
saullfierros29@gmail.com

El trabajo pretende hacer una caracterización detallada de los diques que afloran en el área del Rancho Los Filtros. Autores anteriores los han interpretado como probables lamprófidos. Este trabajo permitirá enriquecer la información existente en el área de estudio sobre los lamprófidos. Primero se levantó la cartografía a detalle donde fue posible la identificación, descripción y muestreo de los diques existentes en la zona reconocida como el complejo metamórfico de la Sierra del Cuervo, Chihuahua, México. Luego se hizo la comparación con la descripción de los diques reportados por otros autores, y los reportados en mapas de diferente escala realizados por el SGM y el INEGI. La comparación se hizo para delimitar y establecer el área y la ubicación que ocupan los afloramientos de los diques en el área de estudio. Una vez definida la extensión se procedió a generar un mapa base para la campaña de muestreo de diques a una escala de 1:1000. Posteriormente, se hizo al análisis petrográfico de las láminas delgadas seleccionadas. Los resultados se compararon con las descripciones de campo hechas por otros autores. La identificación de la deformación de la roca observada en ciertas las láminas delgadas permite interpretar una correlación con las estructuras de edades paleozoico-mesozoicas. Con esta información se puede interpretar que los diques pueden ser producto de los rasgos estructurales posteriores al desplazamiento del complejo metamórfico, o bien que tales diques corresponden a un evento más reciente.

## GEOQP-18

## CLASIFICACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DEL ÁREA EL AGUAJE, GRAN MORELOS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Cruz-Rascón Mary Guadalupe<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>,  
Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua UACH

<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
a301376@uach.mx

La localidad del Aguaje pertenece al municipio de Gran Morelos, se localiza a 54 km al suroeste de la ciudad de Chihuahua. En el área de estudio afloran rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Se caracteriza por la presencia de un intrusivo que afecta rocas calcáreas, formando una aureola de metamorfismo de contacto, que incluye mármol y skarn. En el Cerro del Aguaje se observa una variación litológica, que sugiere distintos episodios magmáticos. De igual forma se presentan diferencias mineralógicas y texturales en distintos puntos del intrusivo. El objetivo de este trabajo es hacer una clasificación geoquímica de la litología del intrusivo en el área del Aguaje mediante la medición de óxidos mayores. Se realizaron recorridos en el área y una campaña de muestreo detallado de diferentes puntos. Se cartografió el área para tener un mapa base para la selección del muestreo de rocas. Se hizo el análisis petrográfico y la cartografía a detalle en coordinación con otros trabajos de investigación. Además de la petrografía se analizarán muestras representativas del área de estudio mediante la técnica de Fluorescencia de rayos X (XRF). Una vez obtenidas las concentraciones de óxidos mayores, se hará una clasificación preliminar de las muestras empleando diagramas binarios de TAS, para compararlos con la clasificación mineralógica. También se usarán otros diagramas geoquímicos como el de alcalinidad, AFM, Middlemost, Miyashiro, discriminación geotectónica, diagramas para granitoides, y diagramas de Streckeisen empleando las composiciones normativas de acuerdo con la norma CIPW. Obteniendo como resultado una clasificación detallada de las rocas en el área del Aguaje y generar un mapa geológico a detalle. Y con estos resultados, interpretar la reconstrucción de las condiciones de los eventos geológicos efectuados en el área del Aguaje.

## GEOQP-19

## MINERALIZACIÓN DEL SKARN; EJIDO EL AGUAJE, RIVA PALACIO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Velo-Nava Grecia Isabel<sup>1</sup>, Velo-García Héctor<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>, Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua UACH

<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
a305970@uach.mx

El área de estudio conocido como El Aguaje, está dentro de la Subprovincia de las Altas Llanuras y se encuentra ubicado en el municipio de Riva Palacio, Chihuahua, México. Siendo una mineralización de tipo skarn, el objetivo primero

es ampliar los estudios cartográficos y geológicos de esta zona de interés, ya que en la actualidad no se tiene registro de trabajos previos de exploración minera. En los depósitos de Skarn se han extraído una variedad de elementos o especies minerales. Se producen en todos los continentes y en rocas de casi todas las edades, la mayoría se encuentran en calizas. El skarn puede formarse durante el metamorfismo regional o de contacto y a partir de una variedad de procesos meta somáticos que involucran fluidos de origen metamórfico, meteórico o marino. Se encuentran adyacente a intrusivos, a lo largo de fallas y zonas de cizallamiento principales. Lo que define a una roca como skarn, es la mineralogía que incluye una amplia variedad de silicatos de calcio y minerales asociados. Los detalles de la mineralogía y la zonación de skarn se pueden usar para construir modelos de exploración específicos de depósitos, así como mapas de su distribución espacial. Para poder identificar la mineralogía de la zona se utilizarán técnicas de minerografía y petrografía. En este trabajo se pretende identificar tanto los minerales opacos como los traslúcidos, por medio del microscopio óptico con luz reflejada y transmitida para el estudio. Así como identificar y describir la asociación mineralógica y la textura de las muestras colectadas. Con los resultados se elaborará un mapa digital, basados en el zonamiento que presenta el skarn de El Aguaje y a su vez identificar el tipo de skarn según la clasificación aceptada. En el Estado de Chihuahua se encuentra este tipo de depósitos formando yacimientos con una buena productividad como por ejemplo es el caso de La Perla que es un yacimiento de Fe y algunos yacimientos de plata-metales base como Bismarck y Naica.

## GEOQP-20

## GEOLOGÍA DEL CERRO LA CALERA, MUNICIPIO GUERRERO, CHIHUAHUA

Delgado-Fierro Arturo Obed<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>,  
Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
a291357@uach.mx

El Cerro de la Calera se encuentra al norte de la carretera entre las poblaciones de la Junta y Guerrero, en la parte oeste del estado de Chihuahua, México. En el área de estudio se ubica una mina abandonada con mineralización de Ag-Pb-Zn tipo skarn. El objetivo del trabajo es hacer una cartografía geológica del área de estudio para medir una columna estratigráfica, representativa de la zona mineralizada, y cuyas unidades litológicas han sido afectadas por tectonismo y un intrusivo. Se realizaron varios recorridos norte-sur, atravesando el Cerro de la Calera, incluyendo la zona de la mina La Prieta, el intrusivo y otras unidades litológicas. En esta primera etapa se hicieron los recorridos para verificar la información obtenida de un plano base generado a partir de las imágenes de satélite y de estudios previos disponibles. Se identificaron y se describieron aspectos interpretados en la fotointerpretación preliminar. Se verificaron estructuras geológicas, sedimentarias, ígneas y metamórficas, que permitieron elaborar una columna estratigráfica compuesta del Cerro La Calera. En los recorridos de las diferentes campañas de verificación y medición de unidades litológicas se colectaron muestras de roca para análisis petrográficos. Se realizó la cartografía a detalle del Cerro La Calera, en la que se muestran las estructuras que aparentemente controlan la mineralización en la Mina La Prieta. Se identificó la aureola de metamorfismo de contacto y se interpretó que la distribución del skarn es controlada por el contacto del intrusivo y por fallas radiales y concéntricas, algunas de ellas asociadas a diques de diferente composición. Las alteraciones primarias y secundarias requieren trabajo de más detalle para poder interpretarlas con exactitud. La secuencia medida corresponde a una estructura de pliegue cerrado en el que solo se presenta un flanco del pliegue con actitudes casi verticales. Aflorando dos unidades litológicas predominantes. Al lado norte se presenta una secuencia de lutitas negras y pardas intercalada con algunos horizontes de areniscas y eventuales capas de caliza arcillosa. Esta unidad está cubierta de forma discordante por calizas gruesas casi masivas con varios horizontes de abundantes rudistas probablemente de las especies de caprínidos y toucasias. A partir de estos fósiles se le asigna a esta unidad la edad del Aptiano-Albiano. El espesor estimado de la secuencia estratigráfica es de al menos 120 metros.

## GEOQP-21

## MICROTERMOMETRÍA DE LAS INCLUSIONES FLUIDAS DEL YACIMIENTO DEL CERRO LA CALERA, MUNICIPIO GUERRERO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Villanueva-Rodríguez Luis Mario<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>, Lucero-Álvarez Jorge<sup>1</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua UACH

<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
a301572@uach.mx

El Cerro "La Calera" se localiza en el municipio de Guerrero, Chihuahua, México. Es parte de la Subprovincia Fisiográfica de Sierras y Llanuras Tarahumaras. El cerro presenta una secuencia litológica de areniscas y lutitas negras seguida por un paquete de calizas gruesas (siendo ésta la roca encajonante del intrusivo) de edad Cretácica. El intrusivo es un cuerpo sub-volcánico de composición granítica rico en

cuarzo. Las zonas mineralizadas en el área de estudio son de tipo skarn y skarnoide. El área mineralizada principal consiste en un cuerpo mineralizado tipo chimenea denominado "La prieta" con mineralización de plomo-zinc y plata. Se identificaron alteraciones de tipo progrado gracias al análisis de los fluidos hidrotermales que dieron origen a los minerales calcosilicatados como el granate, hedenbergita y wollastonita. Así también se identificó una alteración de tipo retrograda causada por la percolación de las aguas meteóricas mezcladas con las aguas hidrotermales ascendentes, dando origen a minerales como cuarzo, calcita, epidota y clorita. Los fluidos primarios del intrusivo se interpretan que dieron origen a la precipitación de los sulfuros como la calcopirita, esfalerita y trazas de cobre. Esto es parte de los resultados parciales derivados de los análisis de microtermometría y petrografía de las inclusiones fluidas estudiadas al momento. Las muestras de roca analizadas incluyen las rocas metamórficas de contacto. Los minerales analizados son del tipo de minerales formadores del skarn como: calcita, cuarzo, esfalerita y granate. Primero se pretende identificar si las inclusiones fluidas son primarias, secundarias o pseudosecundarias. En seguida se pretende identificar el tipo de metasomatismo que dio origen a la mineralización en el área de estudio y finalmente hacer la clasificación del yacimiento diferenciándolo del tipo hipotermal, epitemal o mesotermal. Este análisis incluye la interpretación de la dirección de los fluidos mediante un muestreo puntual determinando las temperaturas.

GEOQP-22

### GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE ARROYO EN EL CERRO DE LA CALERA, CHIHUAHUA, MÉXICO

García-Loera Iram<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>, Lucero-Álvarez Jorge<sup>3</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua UACH  
<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM  
<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
 iram.garcia.loera@gmail.com

El distrito minero de Calera se localiza a unos 127 km al oeste de la ciudad de Chihuahua. La zona ha estado sometida a la intervención antrópica, debida a la actividad minera, durante más de ciento cincuenta años. Esta actividad ha generado el posicionamiento de diferentes pasivos ambientales de origen industrial-minero, como terreros y escoriales asociadas a procesos metalúrgicos. Estos pasivos ambientales son fuentes de metales y de otros elementos, que, en concentraciones elevadas, pueden ser perjudiciales para la salud de la población y el ecosistema. El muestreo de sedimentos de arroyos es un método geoquímico de exploración que es utilizado con frecuencia por las compañías mineras. La exploración geoquímica de especies minerales, por ejemplo, minerales indicadores, incluye cualquier método de prospección basándose en la medición sistemática de una o varias propiedades químicas de las especies minerales aisladas o del material agrupado naturalmente formado. El contenido en concentraciones a nivel de trazas de una especie mineral o de un grupo de especies minerales es la propiedad común, que se mide en los materiales colectados. La exploración geoquímica está enfocada en la medición, descripción, análisis e interpretación de las distribuciones anómalas de las especies minerales, que permitan el descubrimiento de depósitos minerales. En este trabajo se utilizan técnicas para identificar especies minerales en muestras de sedimentos de arroyo, pero enfocándose en el aspecto ambiental, definiendo la dispersión de estas especies minerales aguas debajo de terreros y escoriales, así como la relación que puede presentar con la contaminación por metales pesados en arroyos y suelo.

GEOQP-23

### CONFINAMIENTO DE DESECHOS RADIOACTIVOS EN CHIHUAHUA, MÉXICO

Reyes-Cortés Ignacio Alfonso, Lucero-Álvarez Jorge, Franco-Rubio Miguel, Oviedo-García Angélica y Arévalo-Ruiz Juan Fernando  
 Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
 ireyes@uach.mx

La Sierra de Peña Blanca apareció en el contexto geológico por el descubrimiento de minerales radioactivos, posteriormente volvió a ser noticia en México por la construcción del primer confinamiento de desechos radioactivos del país. Y tiempo más reciente el incidente derivado del traslado de material radioactivo del Estado de México a Peña Blanca. El diseño del confinamiento de desechos radioactivos en el área de Peña Blanca estuvo vigilado por los comisionados de la Organización Internacional de Energía Atómica, del cual México es miembro fundador. Desde la selección del sitio y después la apertura construcción y cierre del confinamiento se cumplió con los requisitos exigidos por dicha organización. Para la caracterización del confinamiento de los jales del beneficio de uranio, se realizaron estudios de geología, geofísica, hidrología y geotecnia. La planta de beneficio de uranio localizada en la vecindad de la población de Aldama, Chihuahua, operó de 1979 a 1983, y generó aproximadamente 33000 toneladas de jales que fueron depositados en patios de la misma planta. Estos jales emiten radiactividad en dosis muy bajas que no son consideradas dañinas para el ser humano y la fauna; sin embargo, la ingestión de uranio y sus radio-isótopos asociados sí puede ocasionar problemas de salud y, por tanto, los jales del beneficio de uranio son clasificados como residuos peligrosos. Ante el riesgo potencial que los jales que representan para la salud de la población y el riesgo de contaminación de los recursos naturales, el gobierno federal

decidió realizar el traslado de los jales hacia un sitio donde su impacto negativo fuese mínimo. Como resultado de una consulta interinstitucional, se decidió trasladar los jales de beneficio a la zona de minas de uranio ubicada en la Sierra de Peña Blanca, a 47 km al norte de la población de Aldama. En la selección de esta zona se consideró su lejanía a los centros de población, la presencia natural de minerales de uranio, la escasa precipitación pluvial y las condiciones geológicas del área. Desde el año de 1968 se han venido realizando estudios de reconocimiento y prospección geológica en la Sierra Peña Blanca, que sirvieron como base para la selección de un sitio específico donde se confinaron e inmovilizaron los jales. En la elección de este sitio también se tomó en cuenta la estabilidad del terreno y la gran profundidad a que se halla el nivel freático regional. Se hace un recuento de los estudios realizados y el escaso impacto que significó la movilización de los jales a dicho sitio en Peña Blanca.

GEOQP-24

### ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DEL CERRO LA CALERA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Molina-López Abelardo Emmanuel<sup>1</sup>, Pérez-Venzor Juan de Dios<sup>2</sup>, Lucero-Álvarez Jorge<sup>3</sup> y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua UACH  
<sup>2</sup>Servicio Geológico Mexicano SGM  
<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
 a301626@uach.mx

Las alteraciones hidrotermales comprenden la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, debido a la presencia de agua caliente, vapor o gas (fluidos hidrotermales). Estas alteraciones están controladas por factores como la temperatura (a mayor T mayor alteración), el pH del fluido, la permeabilidad de la roca, el tiempo de la interacción roca – fluido, el volumen del fluido hidrotermal, la composición y la presión. El proceso de alteración hidrotermal puede causar: Depósito directo, cuando los minerales se depositan directamente a partir de soluciones hidrotermales. La roca debe tener conductos para que el fluido pueda moverse dentro de ella como permeabilidad primaria o fracturamiento. Reemplazamiento, muchos minerales de las rocas son inestables en un ambiente hidrotermal y estos tienden a ser reemplazados por nuevos minerales que son estables o al menos metaestables. Lixiviación, algunos de las especies minerales de las rocas son lixiviados por los fluidos hidrotermales, particularmente cationes metálicos, de modo que la roca los pierde. Las alteraciones hidrotermales se clasifican en base a las asociaciones de minerales de alteración presentes en la roca y reflejarán las condiciones de estabilidad como: condiciones de P y T; pH del fluido hidrotermal; mineralogía de la roca original. La Calera es una comunidad en el municipio de Guerrero, Chihuahua, ubicado a 185 km al oeste de la capital. Predomina una morfología de sierras y valles con amplias terrazas aluviales. El área de estudio de 2.5 km<sup>2</sup> incluye el intrusivo, los diques graníticos y monzoníticos que cruzan la secuencia de calizas del Cretácico inferior misma que sobreyace a un paquete de lutitas. También esta la mina "La Prieta" que operó desde el siglo XIX de donde se extrae hasta la fecha mineral de zinc y plata. Este proyecto se enfoca en la identificación de los halos de alteración y su dispersión en el área de estudio. Se hizo la petrografía de las alteraciones hidrotermales y del skarn. Las muestras se colectaron en los diferentes recorridos que se hicieron en el área logrando identificar las litologías del área, incluyendo los diques y la alteración que presentan. Actualmente la mina se encuentra operando a nivel de gambusinos, y se pretende dar una guía para futuras campañas de exploración.

GEOQP-25 CARTEL

### SIGNIFICADO ESTRATIGRÁFICO Y ESTRUCTURAL DEL GRUPO LOS ALISOS, DE LA CORTEZA PRIMIGENIA EN MÉXICO

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

La sucesión litoestratigráfica del basamento Precámbrico y su evolución tectónica regional, se interpreta con datos del Grupo Los Alisos, parte superior del Supergrupo Guanajuato (4,150-3,900Ma), con límite inferior en contacto con la corteza primigenia. Además, comprende los sucesivos supergrupos Zihuatanejo (3,900-2,600Ma) y Pápalo (3,800-2,600Ma). Está sucesión litológica aflora en el extenso pilar orientado N45°W de la Sierra de Guanajuato, parte centro-septentrional, compuesto por supergrupos, grupos y formaciones, con límites temporales y espaciales en correlación global hacia otros continentes. La parte basal primigenia o límite inferior no está expuesta para constituir materia de investigación hacia el graben del Graben de San Felipe, cubierto por rocas continentales terciarias. Esa secuencia primigenia de paragneises cuarcíferos y conglomeráticos del potente Grupo Los Alisos, aflora en la Meseta de Cuatralba. Por tanto, la cima define una discordancia tectónica y gradual paralela, para la base del Escudo Arqueano Mexicano, que define el límite litológico inferior del Supergrupo Pápalo arqueano y calciocalino, con edades entre 3800-3400 Ma, del área tipo del Arroyo de San Juan de Otates, Guanajuato. Podemos partir que la corteza primigenia se integra entre los 4,550 y 3900 Ma, para originar después la primigenia apertura del Gran Rift global, hacia la parte tardía del Hadeano (4150-3900 Ma) para constituir el basamento de la Faja Estructural Cananeana (FEC) con 3,900 Ma, al occidente de México.

La FEC toleítico de tipo MORB, está distribuida globalmente en dicho Gran Rift primitivo, donde se generó gran actividad bacteriana incipiente del origen de la vida en nuestro planeta, con variada mineralización de sulfuros masivos de Fe, Cu, Zn, Ni, Co, Ag, Au, Pt, entre otros elementos más. La apertura del Gran Rift sería global, análoga a la corteza de Nain, Península de Labrador, de Minnesota River Valley, en Godthaab, West Greenland, entre otras más. Concluimos que el Grupo Los Alisos representa una plataforma primigenia con vertiente al Gran Rift fallado de la FEC, donde inicia con paragneises crema-gris, finamente laminados con más de 97% de cuarzo, cristobalita y tridimita en polimorfos interbandeados con arcillas de silicatos de aluminio y detríticos refractarios. Al oriente, progresivamente incrementan los silicatos de aluminio, conjuntamente con areniscas, conglomerados y brechas andesíticas afaníticas rosadas, metamorfoseados. Los fragmentos líticos en los paragneises consisten de rocas peridotíticas, gabros, basaltos, andesitas y escasos cantos de granitoides de tonalitas, interbandeadas con grauvacas. Las lluvias ácidas disolvieron los feldespatos y ferromagnesianos para depositar tungsteno en los bordes fallados del rifting, molibdeno sedimentario en lagunas marginales y extensos placeres de estaño en valles fluviales montañosos. Palabras clave: Gran Rift, MORB, Hadiano, Los Alisos.

## GEOQP-26 CARTEL

### METALOGÉNESIS DE LOS YACIMIENTOS LARAMÍDICOS A LO LARGO DEL ALTIPLANO DE MÉXICO, A PARTIR DE LA PARTE BASAL DEL SUPERGRUPO ACATLÁN, DEL MESOPROTEROZOICO

Bazán Barrón Sergio y Bazán Perkins Sergio D.  
Industria Minera Indio, S. A. de C. V.  
bazanza@hotmail.com

El Geosinclinal Acatlano del Mesoproterozoico implica la secuencia litoestratigráfica basal de la Formación Ixcuinatoyac con sulfuros masivos vulcanosedimentarios exhalativos, emplazados bioquímicamente a los  $\pm 1800$  Ma durante la apertura oceánica N-S de la Dorsal El Ocotito, Guerrero. Esta apertura tuvo eventos de subducción marina laterales hacia lo largo del territorio de México, durante 450 Ma. Las evidencias se observan en La Dicha, yacimiento estratiforme de sulfuros de Fe-Cu-Zn- Pb- Ag-Au-Sb-Hg plegados, con subducción al Oeste. Por otra parte, en San Andrés Nuxiño-La Herradura, Oaxaca, el Supergrupo Acatlán aparece en franca subducción al oriente, bajo potentes secuencias de los supergrupos Zimatlán del Paleoproterozoico y Pápaló del Arqueano, para originar el arco volcánico del Supergrupo Telixtlahuaca (1550-1000 Ma). Es decir, la subducción del Supergrupo Acatlán ocasionó el metamorfismo regional de la Orogenia Oaxaqueña (1250-900 Ma), al colisionar con el escudo arqueano mexicano con movimiento opuesto, hacia el occidente. El Supergrupo Acatlán cordillerano se reconoce hacia la margen occidental de México, desde Huatulco, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Península de Baja California y hasta la Belt-Purcell Supergroup, del Canadá. Por tanto, el evento de subducción del Supergrupo Acatlán al oriente por 450 Ma ocasionó el arco volcánico (back arc spreading) del Supergrupo Telixtlahuaca (1550-1100 Ma), durante la Orogenia Oaxaqueña (1250-900 Ma), iniciada en El Catrín del rifting del Grupo Oaxaca, con subducción al poniente opuesta, a la placa Nuxiño, para originar el metamorfismo regional del basamento precámbrico de México, mediante dos rifting. Uno hacia el Noroeste y hasta Arizona en facies de esquistos verdes y otro, al Noreste en facies de granulita que implican al Gneis Novillo, Tamaulipas, de la Faja Grenvilliana, de los EUA, hasta Canadá. Concluimos que el plutonismo laramídico entre 22 a 36 Ma emplazó depósitos hidrotermales en vetas, chimeneas, mantos para distritos de Taxco, El Oro, Pachuca, Guanajuato, Zacatecas, Fresnillo, Sombretete, Velardeña, Naica, La Encantada y Santa Eulalia, entre otros, removidos de la Dorsal de El Ocotito, parte basal del Supergrupo Acatlán del Mesoproterozoico. Estos depósitos aparecen en potentes secuencias de calizas mesozoicas y volcánicas terciarias, mediante el plis de fond, que implican a la Formación Ixcuinatoyac cordillerana a lo largo del Altiplano de México, sin mostrar zonación concéntrica de los clásicos porphyry copper deposits, muy diferentes. Es importante considerar que el Supergrupo Acatlán, contienen depósitos masivos de sulfuración mesothermal, entre los  $330^{\circ}$  a  $220^{\circ}$  C, en diferentes niveles para una potente secuencia geosinclinal de 7 km. Palabras clave: Acatlán, sulfuros masivos, Ixcuinatoyac, Mesoproterozoico, altiplano.

## GEOQP-27 CARTEL

### LAS MIGMATITAS EN LA SIERRA LA GATA, BAJA CALIFORNIA SUR: ORIGEN E IMPLICACIONES EN LA FORMACIÓN DE MAGMAS GRANÍTICOS

Robles Martínez Julissa, Pérez Venzor José Antonio,  
Schwennicke Tobias y Camarena Vázquez Jesús Guillermo  
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
japerez@uabcs.mx

El área de estudio está localizada en el extremo noreste de la región meridional de la península de Baja California. Las migmatitas del Complejo Plutónico de La Paz han sido reportadas y estudiadas anteriormente desde un punto de vista descriptivo y general. Los trabajos reportan migmatitas en los complejos metamórficos de Todos Santos, Borde Oriental del Bloque de Los Cabos y Complejo Metamórfico Sierra La Gata, principalmente afloran en los contactos entre las rocas

metamórficas y los ensambles plutónicos. Las migmatitas están relacionadas con procesos de metamorfismo, magmatismo, deformación y con la generación de granitos anatócticos (asociados a procesos de fusión parcial). Las migmatitas de la sierra La Gata muestran una variación en desarrollo de estructuras que implican la participación de diferentes protolitos y condiciones de su formación, desde metatexitas hasta diatexitas. Sin embargo, se desconoce en detalle la relación entre estos elementos. Es importante conocer dichas relaciones para establecer el origen e implicaciones de las migmatitas en la generación de magmas graníticos en la sierra La Gata. El trabajo de campo permitió reconocer migmatitas que van desde flebitas hasta nebulitas, así como la presencia de un neosoma compuesto por leucosoma y melanosoma; fue posible también reconocer el paleosoma que representa al protolito, principalmente terrígeno (cuarzo-feldespático). Las condiciones de formación de las migmatitas considerando su paragénesis (cuarzo + feldespatos + micas) indican condiciones de metamorfismo de grado medio a alto sin alcanzar las facies de granulitas. Las estructuras de las migmatitas y la presencia de pequeños cuerpos intrusivos de granito leucocrático indican que existe una relación estrecha entre las migmatitas y los granitos anatócticos en la sierra La Gata. El trabajo expone los avances y resultados de esta investigación.

## GEOQP-28 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y PETROFÍSICA DE ROCAS DE LAS FORMACIONES CAHUASAS Y SANTIAGO COMO PROSPECTOS PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO<sub>2</sub> EN ACUÍFEROS SALINOS PROFUNDOS DE LA CUENCA TAMPICO-MISANTLA

Ferrer Parra Vanía  
Centro de Geociencias, UNAM  
vaniaf@geociencias.unam.mx

Se presenta una descripción petrográfica de láminas delgadas y los resultados de petrofísica básica en tapones de rocas obtenidas de afloramientos de las formaciones Cahuwasas y Santiago visitados cerca de Xicoteppec, Puebla. En los sitios visitados, la formación Cahuwasas está constituida por limolitas de color rojo, areniscas y conglomerados, dispuestas en estratos con espesores de 20 a 90 cm, cubiertas por las Formaciones Santiago, Tamán y Pimienta. La formación Santiago se compone de lutitas carbonosas calcáreas de en tonalidad gris oscuro a negro, con secuencias limo-arcillosas en tono gris y limo-arenosas en tonalidad oscura, con presencia de amonites y nódulos con piritita diseminada. Se recolectaron 3 muestras de la formación Cahuwasas en distintos afloramientos. En láminas delgadas de 1 muestra se observan que los granos son predominantemente cuarzoes y feldespatos alcalinos y líticos en menor proporción en una matriz de óxidos de Fe. En el análisis de difracción de rayos X en arcillas orientadas de 1 muestra se identificaron las fases de Illita, caolinita, clorita y hematita. La densidad real medida varía en las 3 muestras con un rango de 2.73 a 2.68 g/cm<sup>3</sup> y con el análisis de porosidad y permeabilidad al helio en 3 tapones de 1 de las muestras de roca se obtuvo % de porosidad que va de 0.843% a 1.261% con permeabilidad de Klinkenberg de 0.0001 a 0.0029 mD y permeabilidad al aire de 0.0067 a 0.0028 mD. En láminas delgadas de una muestra de la formación Santiago se observa mayor contenido de feldespatos alcalinos y cuarzo en menor proporción, con matriz arcillosa color negro, en otra muestra se observa una matriz arcillosa y presencia de minerales de cuarzo y óxidos y las fracturas se encuentran rellenas de calcita. En el análisis de difracción de rayos X en arcillas orientadas de una de las muestras se identificaron las fases de Illita, caolinita y clorita. La densidad real medida en 2 muestras de roca es de 2.54 y 2.75 g/cm<sup>3</sup>. La porosidad al helio de 2 tapones de una muestra va de 1.766 a 1.923% con permeabilidad de Klinkenberg de 0.0021 a 0.0007 mD y permeabilidad al aire de 0.0038 a 0.0054 mD. Debido al ambiente de depósito de estas formaciones se infiere que las rocas poseen porosidad y permeabilidad primaria, esto sin considerar los procesos tectónicos y diagenéticos que modificarían dichas propiedades. Debido a su litología, posición estratigráfica y a los estudios que se han realizado hasta el momento, se consideran como posibles unidades geológicas de almacenamiento (formación Cahuwasas) y sello (formación Santiago) para entrapamiento geológico de CO<sub>2</sub>. Dentro de los trabajos a desarrollar se realizará conteo de puntos de las rocas de ambas formaciones y la microtomografía computarizada para el análisis 3D de la microestructura de las rocas y conocer la distribución de poros y fracturas y obtener la porosidad y permeabilidad computarizada para compararla con los resultados de porosidad al helio

## GEOQP-29 CARTEL

### ANÁLISIS DE MATERIALES PÉTREOS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE SAN MIGUEL TALEA DE CASTRO, OAXACA

Teahulos Ortega Evelyn Donaji y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento, DITCo-BUAP  
eteahulosortega@gmail.com

Teahulos Ortega D. E. & Muñoz Máximo I. Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento. DITCo- BUAP. Área de Geociencias Aplicadas Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial Apartado Postal 72570, Puebla, Pue., México. El conjunto de fallas cuasi-paralelas que constituyen la Falla Transformante Tamaulipas-Oaxaca, es el conducto para la actividad volcánica alcalina e

hiperalcalina en la Planicie Costera del Golfo, además de ser el límite entre el vulcanismo dacítico-andesítico de la Franja Volcánica Trans-Mexicana y la Planicie Costera del Golfo, limitan individualmente a los bloques de basamento que estuvieron emergidos durante el Mesozoico Temprano (Padilla y Sánchez, 2007). Ello ha derivado que, en la sierra norte de Oaxaca, exista una amplia variedad de rocas, cuya mineralización pueden estar afectadas por distintas etapas evolutivas y fluidos. Localmente en el municipio de San Miguel Talea de Castro, ubicada al N-NW de la capital Oaxaqueña, la información disponible respecto a la geología, mineralogía y su génesis, es prácticamente nula. En esta investigación con el propósito de contribuir al conocimiento geológico y mineralógico de San Miguel Talea de Castro, Oaxaca, se presentan los resultados de 45 especímenes de rocas colectados en los alrededores de esta población, caracterizados por las técnicas de SEM-EDS y Difracción de Polvos de Rayos X (DRX).

## GEOQP-30 CARTEL

### CONDICIONES TERMOBAROMÉTRICAS DE GENERACIÓN DE MAGMAS MÁFICOS EN LA PORCIÓN SUR DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL DURANTE EL OLIGOCENO-MIOCENO

Hernández Rubio Diana G.<sup>1</sup>, Orozco Esquivel Teresa<sup>2</sup> y Ferrari Luca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UMDI, Facultad de Ciencias, Campus Juriquilla, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

dianag.hernr@ciencias.unam.mx

En la porción sur de la Sierra Madre Occidental (SMO), caracterizada por un vulcanismo predominantemente explosivo de composición riolítica, durante el Oligoceno y Mioceno se emplazaron volúmenes subordinados de magmas máficos en forma de coladas, sills, diques y pequeños edificios volcánicos. Estudios geoquímicos e isotópicos previos mostraron que la composición de los magmas máficos varía desde composiciones típicas de rocas de intraplaca hasta las que muestran firmas de subducción bien desarrollada, implicando cambios en las fuentes de los magmas. Estas características han apoyado la idea de que el magmatismo bimodal de la SMO estuvo asociado con el inicio de la fase extensional que antecedió al fin de la subducción en la margen occidental de México y a la apertura del Golfo de California. A fin de refinar los modelos de generación de estos magmas máficos se desarrolla un proyecto basado en el análisis de fases minerales por microsonda electrónica y LA-ICPMS en muestras de rocas máficas con distintas afinidades químicas a fin de establecer variaciones en su composición y obtener información sobre las condiciones de P, T, contenido de agua y fugacidad de oxígeno de los magmas. A partir del análisis petrográfico de 76 muestras, se seleccionaron en una primera etapa cinco muestras representativas de grupos de rocas delimitados por su edad y características químicas, que además presentaron el menor grado de alteración. Estas rocas mostraron características texturales variables desde rocas porfiríticas en una matriz vítreo hasta rocas subofíticas en una matriz microcristalina, pero en todos los casos con una composición mineralógica de olivino, plagioclasa, piroxenos y minerales opacos. Posteriormente láminas pulidas fueron analizadas en una microsonda electrónica JEOL JXA-8230, con la cual se midieron un total de 288 puntos en las distintas fases presentes. El análisis de esta información y la aplicación de distintas calibraciones de oxibarómetros, termómetros e higrómetros contribuirán a caracterizar los cambios en la composición de las fuentes en el manto y las condiciones de generación de los magmas. Proyecto financiado por DGAPA PAPIIT 111114 y IV100117.

## GEOQP-31 CARTEL

### RELACIONES DE CAMPO: UNA APROXIMACIÓN PARA ESTABLECER LAS FASES MAGMÁTICAS EN EL ARROYO BUENOS AIRES, BAJA CALIFORNIA SUR

Cazares Moreno Alexandra Daniela<sup>1</sup>, Pérez Venzor José Antonio<sup>2</sup>,

Schwennicke Tobias<sup>2</sup> y Camarena Vázquez Jesús Guillermo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur

cazares\_13@alu.uabcs.mx

El área de estudio ubicada al norte del Sistema Montañoso Central, también llamado Bloque Los Cabos, define una fractura orientada casi E-W conocida como arroyo Buenos Aires y drena a la cuenca de San José del Cabo. El arroyo está ubicado al oeste del poblado Los Barriles. En el área se han reportado la presencia de rocas intrusivas cuya composición varía desde dioritas hasta granitos, también se menciona la presencia de diques de composición diabásica, tonalítica y granítica. Estos últimos llegan a tener textura pegmatítica con presencia de granate y muscovita, asociados a un pequeño intrusivo de posible origen anatóctico. Sin embargo se desconocen las características a detalle de las unidades y sus relaciones, así como sus implicaciones geológicas. Lo anterior hace pertinente un estudio local y detallado de las unidades litológicas aflorantes mediante trabajo de campo y a nivel local, en los exocontactos, contactos y endocontactos. En las rocas del arroyo Buenos Aires fue posible describir características litológicas, mineralógicas, estructurales que evidencian varias fases magmáticas entre los 78 Ma y 68 Ma. Todas estas unidades fueron agrupadas en un ensamble plutónico denominado Arroyo Buenos Aires y que forman parte de los ensamblajes de las rocas plutónicas del Sistema Montañoso Central. La excelente calidad de los cortes

de los afloramientos permitió reconocer y establecer la estratigrafía o edades relativas de las unidades. La variación litológica, mineralógica, textural y estructural permitió reconstruir parte de la evolución magmática de la región donde procesos de fusión seguidos de diferenciación, mezcla y contaminación magmática así como cristalización fraccionada, filtrado a presión, entre otros; están involucrados y quedan reflejados en sus características, así como en la química y geoquímica de las unidades estudiadas. El trabajo expone los resultados obtenidos de la investigación.

## GEOQP-32 CARTEL

### EVIDENCIAS MINERALÓGICAS E HIDROGEOQUÍMICAS DE UN PROSPECTO GEOTÉRMICO NUEVO LOCALIZADO EN LA PARTE CENTRO-NORTE DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA: RANCHO NUEVO, GUANAJUATO

Landa Arreguín Jorge Federico Arturo<sup>1</sup>, Villanueva Estrada Ruth Esther<sup>2</sup>, Rodríguez Díaz

Augusto<sup>2</sup>, Morales Arredondo José Iván<sup>2</sup>, Rocha Miller Roberto<sup>2</sup> y Alfonso María Pura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de Catalunya

jorgeff@igeofisica.unam.mx

Las manifestaciones termales se encuentran comúnmente en el centro de México como resultado de la actividad volcánica originada por la formación de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) durante la Era Cenozoica. En la localidad de Rancho Nuevo se encuentra una manifestación hidrotermal reciente que se emplaza en la FVTM con una temperatura de descarga cercana a los 92 ° C. Según los análisis mineralógicos e hidrogeoquímicos realizados en el presente estudio, el sistema geotérmico de Rancho Nuevo tiene un potencial geotérmico considerable cuya energía podría ser aprovechada por diversas industrias ubicadas en la zona. De acuerdo a las técnicas de microscopía estereoscópica y microsonda electrónica, se confirmó la presencia de minerales de azufre como barita, pirita y estibina que son típicamente de origen hidrotermal. Según los isótopos de azufre, la barita depositada en la superficie evidencia un proceso de mezcla entre el fluido geotérmico profundo y el agua somera en un ambiente oxidante de baja temperatura. Los minerales de sulfuro indican un proceso de interacción entre el agua y las rocas ígneas en profundidad a altas temperaturas. Los isótopos de azufre en pirita indican que la formación de dicho mineral se produce en condiciones reductoras. En base a los resultados de difracción de rayos X, la calcita precipita en la superficie de la manifestación termal, así como minerales del grupo de las zeolitas, esmectita y caolinita en cantidades muy bajas. Estos minerales reflejan procesos geotérmicos profundos y eventualmente se depositan en zonas poco profundas. Finalmente, con base en los datos fisicoquímicos proporcionados por las muestras de agua y las condiciones de descarga de los manantiales, se construyeron diagramas de estabilidad para pirita, barita y zeolitas utilizando el programa Geochemist's Work Bench para corroborar estos datos con los resultados mineralógicos. Los resultados mineralógicos sugieren procesos de interacción entre el fluido geotérmico profundo y las rocas de la secuencia estratigráfica, incluidas las rocas del basamento de la secuencia estratigráfica de composición calcárea. De acuerdo con los resultados mineralógicos y las condiciones hidrotermales, el sistema geotérmico de Rancho Nuevo puede ser clasificado como un sistema de temperatura intermedia o baja.

## GEOQP-33 CARTEL

### ESTUDIO DE BARRERAS GEOQUÍMICAS PARA EL ABANDONO SEGURO DE UNA PRESA DE JALES

Martínez-Jardínez Luis Gerardo<sup>1</sup>, Santana-Silva Alicia<sup>1</sup>, Betanzos-Arroyo

Lucía Ivonne<sup>2</sup>, Romero Francisco Martín<sup>1</sup>, Gutiérrez-Ruiz

Margarita Eugenia<sup>3</sup>, Ramos-Bautista Inés<sup>1</sup> y Díaz-Ortega Jaime<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, UNAM

<sup>2</sup>Peña Colorada

<sup>3</sup>Facultad de Química

lgmartinezj@geologia.unam.mx

El manejo adecuado de los residuos mineros depositados en presas de jales implica el uso de cubiertas que controlen la dispersión, eviten la oxidación y promuevan la incorporación de especies vegetales en la zona a fin de no generar impactos negativos al ambiente. El presente trabajo evaluó el espesor óptimo y el tipo de material para cubrir una presa de jales situada en el este de México que cumpla con los requisitos ambientales. Se evaluaron tres materiales a tres espesores diferentes enfocados a dos fenómenos: el control de la migración de sales a la superficie por efecto de la capilaridad y el control de los procesos de oxidación de jales evitando la generación de acidez. Se evaluaron dos bancos de materiales cercanos a la presa de jales (B1 y B2) y un residuo minero rico en carbonato de calcio. El material B1 permite controlar la migración de sales del jal gris y parcialmente la migración de sales en el jal oxidado. El material B2 resultó ineficiente para el control de la migración de sales, tanto en jal gris como jal oxidado. Los materiales B1 y B2 presentaron resultados insatisfactorios para el control de la oxidación del jal. El material que mejor controla la migración de sales tanto de los jales grises como oxidados es el residuo minero. El espesor recomendado se encuentra entre 20 y 40 cm. Así mismo, el residuo minero resulta ser un material que controla la oxidación del jal.

## GEOQP-34 CARTEL

### DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE MINERALES ASOCIADOS EN SULFATANAS Y DUCTOS DEL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS

Meneses Delgado Luis Enrique, Muñoz Máximo Ignacio y Rubio Rosas Efraín  
 Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento. DITCo-BUAP  
 luis.menesesd2115@gmail.com

En el Campo Geotérmico Los Humeros (CGLH) se presentan una variedad de rocas y minerales precipitados asociados, en pozos productores, sulfatanas y ductos con características mineralógicas propias, las cuales son utilizadas para identificar zonas con potencial geotérmico viable de ser explotadas. En esta investigación, se han caracterizado 50 especímenes (20 rocas, 20 minerales, 10 precipitados), con el propósito de obtener una comparación entre minerales asociados con rocas típicas de este campo geotérmico, fluidos evaporados (minerales precipitados de sulfatanas) y minerales precipitados en tuberías de este campo geotérmico. A partir de esta información se pueden obtener parámetros mineralógicos comparativos de la evolución de estos fluidos termales, que pueden servir como indicador de zonas con un potencial geotérmico. También este análisis arroja valiosa información para la ciencia de los materiales sobre la formación de minerales y los índices de Miller en estas condiciones consideradas críticas en la termodinámica clásica de los fluidos.

## GEOQP-35 CARTEL

### GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LA PLAYA NORTE Y PLAYA TAMIAHUA DEL GOLFO DE MÉXICO: IMPLICACIÓN DE PROCEDENCIA

Flores Ocampo Itzamna Zaknite<sup>1</sup> y Armstrong-Altrín John S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad de Procesos Oceánicos y Costeros, UNAM  
 zaknyocampo@gmail.com

Los estudios de granulometría, geoquímica, y datación son considerados como una clave importante para identificar la procedencia y el paleoambiente de sedimentos. En la región del Golfo de México estos estudios en sedimentos costeros son pocos, por lo que este trabajo aporta información al conocimiento de procedencia y paleoambiente en la zona del Golfo de México. En este trabajo se estudian dos playas del Golfo, Playa Norte, ubicada en Ciudad del Carmen, Campeche y playa Tamiahua, ubicada en estado de Tamaulipas. De acuerdo a los parámetros texturales se pueden conocer aspectos como el transporte y el ambiente tectónico de los sedimentos. Los resultados para Playa Norte muestran que se clasifican como arenas finas, moderadamente clasificadas, con exceso de material grueso y con un transporte moderado de sus sedimentos. Los sedimentos de la playa Tamiahua indican que pertenecen a arenas finas, bien clasificadas, con exceso de material grueso y con un transporte prolongado. El análisis de elementos traza y tierras raras se utiliza para conocer la procedencia, condiciones de intemperismo y ambiente tectónico, puesto que reflejan el carácter original de su fuente. Los análisis de elementos mayores realizados mediante fluorescencia de rayos X (FRX), muestran que Playa Norte está compuesta principalmente (en orden decreciente) por SiO<sub>2</sub> (79.5%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5.1%), CaO (4.4%), K<sub>2</sub>O (1.7%), Na<sub>2</sub>O y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1%); mientras que Tamiahua presenta SiO<sub>2</sub> (88%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4.7%), K<sub>2</sub>O (1.5%), Na<sub>2</sub>O (1.2%) y CaO (0.5%). Los resultados de difracción de rayos X para Playa Norte indican la presencia cuarzo, aragonita, plagioclasa de composición intermedia, ortoclasa, clorita, mica-ilita y actinolita. Para Tamiahua, es dominado por cuarzo seguido por calcita, plagioclasa de composición intermedia, ortoclasa y actinolita. Por lo tanto, con los resultados de tierras raras, en específico anomalías negativas de Eu, se concluye que Playa norte tiene una procedencia de rocas félsicas principalmente, mientras que Tamiahua procede de una mezcla entre rocas félsicas y intermedias de tipos granito y andesita respectivamente.

## GEOQP-36 CARTEL

### MINERALOGÍA Y GEOQUÍMICA DE ARENAS DE PLAYA DE CABO PULMO, BAJA CALIFORNIA SUR

Chávez Gómez Tania<sup>1</sup>, Nava Sanchez Enrique<sup>2</sup> y Miranda-Avilés Raul<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, UGTO

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional  
 t.chavezgomez@ugto.mx

La playa Cabo Pulmo se localiza en la costa sureste de la península de Baja California y forma parte del Parque Nacional Cabo Pulmo donde existe el arrecife de coral más septentrional del océano Pacífico en América. La geología de su costa y cuencas que drenan hacia sus costas consta de granodioritas, granitos del Cretácico superior, tobas riolíticas del Terciario y depósitos litorales. En este trabajo presentamos los resultados sobre la distribución mineralógica y de elementos mayores de arenas de playa de Cabo Pulmo. La mineralogía fue determinada por medio de DRX y los análisis de elementos mayores se determinaron por Fluorescencia de RX. La abundancia relativa de la mineralogía se basó en la DRX de las muestras y fue medida por medio del método semicuantitativo RIR (reference intensity ratios), que se basa en coeficientes de intensidad de referencia y en factores de escala. La mineralogía encontrada es cuarzo, micas; muscovita,

flogopita, feldespatos; microclina, anortita, sanidina, anortoclasa y albita, sulfatos; brocantita, polihalita, tamarugita, carbonatos y óxidos. Los elementos mayoritarios se presentan en rangos que van de SiO<sub>2</sub> (80.3 a 48.6%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (15.5 a 6.7%), CaO (27.9 a 0.6%), K<sub>2</sub>O (5.4 a 2.1%), Na<sub>2</sub>O (11.6 a 2.6 %) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3.6 a 0.3%), TiO<sub>2</sub> (0.7 a 0.1%), MgO (2.1 %). Las cartas de distribución de minerales y elementos mayoritarios muestran una distribución de porcentajes más altos de minerales y óxidos más densos hacia el sur distribuidos por la corriente litoral. Estos resultados preliminares permitirán complementar el estudio de procedencia de los sedimentos de playa y la interacción con los procesos costeros de Cabo Pulmo.

## GEOQP-37 CARTEL

### APLICACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE ELEMENTOS TRAZA EN CARBONATOS BIOGÉNICOS Y ABIÓGENICOS: TRES ESTUDIOS DE CASO

Juárez-Aguilar Edwin Aldrin<sup>1</sup>, Martínez-Velarde María Fernanda<sup>2</sup>, Paredes-Arriaga Alejandro<sup>3</sup>, Calvillo-Canadell Laura<sup>4</sup>, Bernal Juan Pablo<sup>5</sup> y Sánchez-Beristain Francisco<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>4</sup>Instituto de Biología, UNAM

<sup>5</sup>Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM

<sup>6</sup>Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

aldrin\_6@comunidad.unam.mx

En la última década, el uso de los elementos traza ha tenido amplia relevancia al ser aplicado al análisis de carbonatos. En particular, destacan los estudios esclerosis cronológicos en conchas de bivalvos por medio de las proporciones Sr/Li y el análisis de elementos de transición y de tierras raras en carbonatos marinos tanto biogénicos como abiogénicos. Se presentan tres estudios de caso en los cuales el análisis de elementos traza ha sido fundamental para la reconstrucción del ambiente de depósito o de algunas variables presentes en éste: Los bivalvos de la especie Anadara brasiliana del Holoceno de las costas de Barra de Cazonos en Veracruz han permitido reconstruir la temperatura del ambiente de depósito con base en la proporción Sr/Li, misma que ha sido cotejada con proxies más confiables como la proporción isotópica 18O/16O. Por su parte, el análisis de las proporciones V/Cr, Ni/Co, y V/V+Ni, han permitido reconstruir las condiciones de oxigenación durante la precipitación de microbialitas en los arrecifes en parche de la Formación San Cassiano (Triásico Superior: Carniano) del NE de Italia. Por último, el análisis de Tierras Raras e Itrio en sedimentos de la Formación Tlayúa (Cretácico Inferior: Albiano) ha permitido determinar la alternancia de condiciones oxidantes y reductoras durante el depósito de la Cantera de Tlayúa con ayuda de las anomalías de Ce, a la par de establecer el origen estrictamente marino de los sedimentos analizados por medio de las anomalías de Y, La, y de las proporciones LREE-MREE/HREE. Asimismo, se han determinado posibles eventos hidrotermales gracias a las anomalías de Eu, encontradas en los niveles más basales de la Cantera.

## GEOQP-38 CARTEL

### DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO POLAROGRAFICO PARA PROPONERSE COMO MÉTODO ALTERNO EN LA DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE EN LA NOM-147/SEMARNAT/SSA1-2004

Cristobal Legorreta Laura Esperanza<sup>1</sup>, Ceniceros Gómez Agueda Elena<sup>2</sup>, Martínez Jardines Luis Gerardo<sup>1</sup>, Romero Francisco Martín<sup>1</sup> y Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, LANGEM

<sup>2</sup>Facultad de Química, UNAM  
 lauracristobal@gmail.com

La contaminación ambiental por cromo hexavalente (Cr(VI)) es un problema que está creciendo cada vez más en países en desarrollo. El Cr(VI) puede encontrarse en aire, suelo y agua después de ser liberado por industrias involucradas en el curtido de pieles, producción textil y en la manufactura de productos basados en cromo. El problema de salud más común que presentan los trabajadores expuestos al cromo involucra al tracto respiratorio. Estos efectos en la salud incluyen irritación del revestimiento de la nariz y problemas de respiración como asma y tos. The International Agency for Research on Cancer (IARC) ha determinado que los compuestos de cromo hexavalente son carcinogénicos para humanos. Actualmente, en México existen problemas graves de contaminación por dicho elemento. Para poder plantear las soluciones pertinentes a los problemas ambientales de Cr(VI) en suelo, es necesario su cuantificación de forma confiable. En la actualidad en México se cuenta con la norma oficial mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 que establece los métodos oficiales para cuantificar la concentración de los elementos potencialmente tóxicos (EPT's), incluido el Cr(VI). Posteriormente con los resultados determinar si se cumple con la concentración objetivo a la que se debe remediar un suelo. El método propuesto por dicha norma, una vez extraído el Cr(VI) del suelo por medio de una digestión alcalina, se basa en la reacción de óxido reducción entre Cr(VI) y la 1,5-difenilcarbazida en medio ácido, generando Cr(III) y la 1,5-difenilcarbazona. Esta reacción forma un complejo de color violeta con máximo de absorción en 540 nm que se cuantifica por UV-Visible. Es un método de bajo costo, selectivo y sensible; ampliamente utilizado en matrices sencillas

como agua. Este método tiene limitaciones en matrices complejas, como suelos y/o sedimentos contaminados, se han informado y documentado múltiples problemas cuando este método se aplica a este tipo de matrices complejas, como interferencias en presencia de materia orgánica. La presencia de agentes reductores que coexisten en la matriz disminuye los recobros, dando resultados falsos negativos para Cr(VI). Es por ello que se evaluó la posibilidad de implementar un método electroquímico. Se desarrolló y validó un método por polarografía diferencial de pulsos, se evaluaron los parámetros de precisión, exactitud, intervalo de trabajo y límites de detección y cuantificación. Adicionalmente se realizó un análisis de interferencias (considerando la materia orgánica como principal interferencia reportada) y se compararon ambos métodos (el normado y el método propuesto) conforme a los recobros obtenidos. El método polarográfico presentó mejores recobros que espectrometría de UV-Visible en muestras de suelo con presencia de hasta 9% de materia orgánica.

Sesión regular

# **MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS**

Organizadores:

Luis Gallardo

Vlad Manea

MSG-1

## MODELACIÓN DE LA DINÁMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO AYAMONTE-HUELVA

Rubio Arellano Ana Beatriz<sup>1</sup>, Vázquez Báez Víctor Manuel<sup>1</sup> y García Toral Dolores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FIQ-BUAP  
ana.rubio@ipicyt.edu.mx

Se presentan los resultados de la modelación de la dinámica de flujo en el acuífero Ayamonte-Huelva a través de 18 pozos piezométricos distribuidos por todo el acuífero, cada uno de los pozos presenta de una a dos mediciones del nivel piezométrico mensualmente. El análisis de flujo se hace en el lenguaje de programación de Python por una década, de 1997 a 2008 para el caso homogéneo anisotrópico en estado estacionario a cuarto orden de precisión. Analizamos las velocidades de flujo a través de 17 secciones transversales trazadas entre cada pozo piezométrico para finalmente presentar las direcciones del flujo preferente en el acuífero. De igual forma, damos a conocer el comportamiento de los parámetros hidrogeológicos involucrados en el modelado y las ventajas de la implementación del cuarto orden con respecto a la precisión que manejan los softwares comerciales.

MSG-2

## INVERSIÓN CONJUNTA DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS A BAJOS NÚMEROS DE INDUCCIÓN Y RESISTIVIDAD EN CORRIENTE DIRECTA

Vargas Huitzil Eliana, Esparza Hernández Francisco Javier y Pérez Flores Marco Antonio  
Centro de Investigación Científica y de Educación superior de Ensenada, CICESE  
eliana@cicese.edu.mx

Corriente Directa (DC) y Electromagnéticos a Bajos Números de Inducción (LIN) son métodos muy importantes para la exploración geofísica somera y son comúnmente usados en prospección de agua, ingeniería civil y ciencias ambientales. Resistividad de corriente directa observa el logaritmo de la resistividad del subsuelo y electromagnéticos a bajos números de inducción es sensible a la conductividad. Resistividad y conductividad son parámetros recíprocos, sin embargo plantear las ecuaciones integrales de Corriente Directa y de LIN en términos de un solo parámetro no es directo y se requiere de un proceso iterativo. En este trabajo se plantea la inversión conjunta de ambos métodos geofísicos unificando sus ecuaciones en términos del logaritmo de la resistividad. Se aplica la metodología a datos sintéticos y a datos reales tomados en el Valle agrícola de Maneadero, Baja California.

MSG-3

## INICIALIZACIÓN DE INVERSIÓN CONJUNTA MEDIANTE GRADIENTES CRUZADOS A PARTIR DE UN MODELO SUSTITUTO DE ESTIMACIÓN BAYESIANA

Palafox González Abel<sup>1</sup>, Fregoso Becerra Emilia<sup>1</sup>, Moreles Vázquez Miguel Ángel<sup>2</sup>, Alatorre Zamora Miguel Ángel<sup>1</sup> y Becerra López Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UdeG

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT A. C.  
abel.palafox@academicos.udg.mx

La construcción de un punto inicial para el método de inversión conjunta mediante gradientes cruzados usando datos magnéticos y gravimétricos es el principal enfoque de este trabajo. La formulación usual de inversión conjunta mediante gradientes cruzados plantea la minimización de un funcional por mínimos cuadrados con restricciones dadas por el producto cruz de dos modelos de inversión (modelos gravimétrico y magnético en nuestro caso). Independientemente del método, el problema de optimización asociado a dicho funcional, es computacionalmente demandante por lo que la elección de puntos iniciales e información a priori adecuados, reduce el costo computacional, así como la multiplicidad de soluciones en la inversión. En este trabajo, proponemos la construcción de un modelo de referencia a partir de un modelo de densidad sustituto, obtenido de un procedimiento de estimación Bayesiana en un espacio de parámetros de baja dimensión. Este modelo de referencia para los datos gravimétricos será utilizado como información a priori para el método de inversión conjunta mediante gradientes cruzados. Nuestro procedimiento de estimación, recae en el formalismo Bayesiano y en la construcción de un método Markov Chain Monte Carlo (MCMC) invariante a transformaciones afines del espacio de parámetros. Presentaremos nuestros resultados en modelos realistas de cuerpos aislados.

MSG-4

## INTERACCIÓN DE VÓRTICES EN UN MEDIO LINEALMENTE ESTRATIFICADO EN ROTACIÓN

Orozco Estrada Arturo<sup>1</sup>, Cruz Gómez Raúl<sup>1</sup>, Cros Anne<sup>1</sup> y Le Gal Patrice<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Université Aix-Marseille  
arturo.orozco.estrada@gmail.com

Los vórtices oceánicos participan en el transporte de calor, momento, trazadores químicos y especies biológicas en todos los océanos del mundo, contribuyendo así al equilibrio climático y a la diversidad biológica en el planeta. Cuando dos vórtices se encuentran en una misma vecindad la interacción entre ellos es un acontecimiento común. Entre los procesos de interacción de vórtices se encuentra la unión o fusión. La fusión de vórtices oceánicos ha sido reportada en diversas ocasiones y es un proceso fundamental en la dinámica de la turbulencia de mesoescala mediante la generación de filamentos de vorticidad y la producción de ondas internas que pueden disipar energía hacia menores escalas espaciales. En adición, este fenómeno ha sido estudiado ampliamente mediante simulaciones numéricas. Sin embargo, muy pocos experimentos de laboratorio han sido reportados. En este trabajo se estudia la fusión de dos vórtices anticiclónicos, generados mediante inyección de fluido, en un medio linealmente estratificado en rotación. Con el fin de caracterizar las condiciones críticas para la fusión, tres parámetros son variados: la frecuencia de rotación del medio donde los vórtices evolucionan, la frecuencia de Brunt-Väisälä y la distancia inicial entre los centros de los vórtices. Se obtienen datos mediante los métodos de visualización con tinta y PIV. Finalmente, se discuten los resultados obtenidos y se comparan con los resultados de estudios previos.

MSG-5

## INVERSIÓN CONJUNTA 1D DE DATOS TDEM Y H/V APLICANDO MÉTODOS HEURÍSTICOS

Colchado Casas Juan Carlos<sup>1</sup>, Sainos Vizuet Michelle<sup>1</sup>, Huante Arana Francisco<sup>1</sup>, Delgado Gallardo Luis Alonso<sup>2</sup>, Sanchez Andrade Abner Isai<sup>1</sup>, Sanchez Galindo Luis Alfredo<sup>1</sup> y Pita de la Paz Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geotem Ingeniería S.A. de C.V.

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California  
jcc.geotem@gmail.com

La reconstrucción de un modelo del subsuelo a partir de datos observados mediante los esquemas convencionales de modelado e inversión utilizando información proveniente de un solo método geofísico resulta una tarea difícil de resolver debido a la complejidad geológica y a la no unicidad de los modelos. Para reducir los efectos de algunos de estos problemas, se han planteado esquemas de inversión conjunta con dos o más métodos geofísicos logrando obtener menor incertidumbre en los modelos resultantes. Para este trabajo, se planteó e implementó un esquema de inversión conjunta (1D) con datos electromagnéticos en el dominio del tiempo (TDEM) y datos de ruido sísmico procesados usando la técnica de cocientes espectrales (H/V). El desarrollo de la función objetivo que conjunta ambas técnicas geofísicas permite que las propiedades obtenidas a partir del cociente H/V (velocidad de onda P, S y densidad) y la resistividad eléctrica obtenida a partir de TDEM configuren un acoplamiento estructural, manteniendo un comportamiento suave en los contrastes de las propiedades físicas a profundidad. La inversión conjunta se realiza mediante un algoritmo metaheurístico de optimización por nube de partículas (PSO), el cual consiste en optimizar el problema a partir de una población de soluciones llamadas "partículas" (Pallero, et. al, 2015). Dicho conjunto se desplaza por todo el espacio de parámetros de acuerdo con la posición y velocidad de cada una de las partículas. El algoritmo utilizado presenta una mejora en la convergencia respecto a otros algoritmos como el SA (Simulated Annealing) y GA (Genetic Algorithms). La aplicación y validación de este proceso se trabaja con datos reales obtenidos en proyectos con objetivos de exploración geotérmica.

MSG-6

## UN ENFOQUE BAYESIANO EN LA INVERSIÓN DE DATOS MAGNÉTICOS

Dávila Rodríguez Israel Alberto, Palafox González Abel, Guerrero Arroyo Edgar Alejandro y Fregoso Becerra Emilia  
Universidad de Guadalajara, UdeG  
alberto.dav1532@gmail.com

En este trabajo se presenta una formulación Bayesiana del problema de identificación de estructuras aisladas en el subsuelo a partir de mediciones magnéticas en la superficie del terreno. Los problemas de inversión de datos en Geofísica, típicamente son problemas de gran escala que demandan grandes recursos computacionales. Por otro lado, los métodos Bayesianos, en específico los métodos de Markov Chain Monte Carlo (MCMC), se basan en la generación de muchas muestras de la distribución de probabilidad asociada al objeto fuente dados datos en la superficie, a partir de los cuales es posible proporcionar resultados en un sentido estadístico. Generar cada elemento de la muestra involucra evaluar un sistema lineal de alta dimensión, por lo que la metodología que necesitamos conlleva a un problema computacional importante. En este trabajo proponemos

una representación en baja dimensión del cuerpo fuente, a fin de reducir la dimensión del problema y por tanto su costo computacional. Aunado a esta representación, planteamos una alternativa para la evaluación del sistema lineal que nos permite identificar estructuras en el subsuelo con alto nivel de precisión en casos sintéticos. Finalmente, si bien nuestra representación induce una limitante en el tipo de cuerpos fuentes que pueden ser recuperados, este trabajo exploratorio concluye con propuestas de crecimiento basadas en métodos computacionales con miras a atender casos con datos reales.

MSG-7

## DETECCIÓN DE YACIMIENTOS DE SAL VÍA MACHINE LEARNING

Sánchez Pérez Luis Ernesto y Palafox González Abel  
Universidad de Guadalajara, UdeG  
le-sp@hotmail.es

En este trabajo se analiza el problema de detección de yacimientos de sal utilizando como herramienta un método de Machine Learning denominado Árboles de Clasificación. La motivación de nuestro desarrollo es un conjunto de imágenes de reflexión sísmica proporcionados por la compañía TGS-NOPEC Geophysical Company ASA (conocida como TGS) a partir de las cuales se debe desarrollar un método de ciencia de datos para identificar yacimientos de sal en el formato de competencia de la plataforma Kaggle. Detectar yacimientos de sal puede ser visto como un problema de clasificación binaria: determinar si hay sal o no. Típicamente, para problemas de clasificación, se utilizan redes neuronales. En comparación con los métodos de redes neuronales, los árboles de clasificación permiten incorporar características relevantes del problema de forma natural. En este sentido, la información adicional relevante, permite obtener resultados que superan los que se obtienen utilizando redes neuronales convencionales. En este trabajo, en términos generales, se plantea el uso de árboles de clasificación para aplicaciones en Geofísica, tomando como caso de estudio la detección de yacimientos de sal.

MSG-8

## IMPLEMENTACIÓN DE POZOS EN MODELOS DE FLUJOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Corzo Pola Héctor Antonio y Tago Josué  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
hcorzopola@gmail.com

Una correcta gestión de los recursos hídricos subterráneos es clave para el desarrollo de zonas urbanas. La elaboración de modelos numéricos y computacionales es la opción más sencilla para predecir el efecto de la incorporación de pozos de extracción o inyección de agua en acuíferos. Para la simulación del flujo de agua subterránea se desarrolló el paquete YAGFES en Python 3 que utiliza el método de elemento finito (MEF). Se comparan las siguientes estrategias para implementar pozos en modelos de flujos de agua subterráneos implementadas en MEF: 1) ubicación del pozo en el nodo más cercano, 2) ubicación del pozo en un elemento como función constante, 3) ubicación del pozo como función puntual dentro de un elemento y 4) modelación de un pozo como frontera interior de flujo prescrito. Esta última estrategia, respeta la geometría del pozo y por ende mejora la solución en el campo cercano. Estas estrategias fueron verificadas comparando los resultados obtenidos con aquellos calculados por MODFLOW (Langevin et al., 2018), para flujo en estado estacionario, y por la solución analítica de Theis (Theis, 1935), para flujo en estado transitorio. Las diferencias entre las distintas estrategias se analizan para distintos tamaños característicos de malla y se hacen recomendaciones sobre cada una. Referencias: \* Langevin, C.D., Hughes, J.D., Banta, E.R., Provost, A.M., Niswonger, R.G., and Panday, Sorab, 2018, MODFLOW 6 Modular Hydrologic Model version 6.0.3: U.S. Geological Survey Software Release, 9 August 2018, <https://doi.org/10.5066/F76Q1VQV> \* Theis, C. V. (1935), The relation between the lowering of the Piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage, Eos Trans. AGU, 16(2), 519–524, doi:10.1029/TR016i002p00519.

MSG-9

## DISEÑO DE MALLAS ESTRUCTURADAS Y NO ESTRUCTURADAS PARA EL MODELADO MAGNETOTELÚRICO EN ZONAS CON RELIEVE TOPOGRÁFICO

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

Un gran número de campañas de levantamiento de datos magnetotelúricos (MT) se llevan a cabo en regiones donde hay contrastes significativos en la topografía o batimetría. Se conoce que estas variaciones en el relieve pueden repercutir en las mediciones tomadas en campo si no se toma en cuenta el efecto de topografía en el modelado directo (e.g. static shift). Por ende, una estimación precisa de la respuesta magnetotelúrica requiere de una representación 3D adecuada del

relieve. Los algoritmos más socorridos para el modelado 3D de datos MT están basados en el método numérico de diferencias finitas (e.g. ModEM). Sin embargo, las mallas rectilíneas empleadas con este método dificultan la inclusión del relieve con exactitud. El método de elementos finitos en cambio, permite construir mallas flexibles que se ajustan a la topografía o batimetría a partir de uno o varios elementos (e.g. tetraedros, hexaedros). La definición de la malla es un proceso fundamental, puesto que está fuertemente ligada a la exactitud de la solución y a la convergencia del método iterativo. Se realiza una evaluación de dos tipos de mallas: estructurada con elementos hexaedrales y no-estructurada con elementos tetraedrales. La primera es conocida por su facilidad de incorporación a geometrías sencillas, mientras que la segunda se ajusta mejor a geometrías complejas. Para construir la malla, se discretiza primero la superficie de estudio empleando el algoritmo 2D de Delaunay. Luego, se refina la malla en las zonas de mayor importancia. Enseguida, se incorpora la topografía usando alturas interpoladas a partir de un Modelo Digital de Elevación. Después, se discretiza todo el dominio en elementos tetraedrales utilizando el algoritmo 3D de Delaunay. Finalmente, se refina la malla en las interfases donde haya mayores contrastes en la resistividad (e.g. interfase aire-tierra).

MSG-10

## INVERSIÓN COOPERATIVA DE FORMA DE ONDA COMPLETA Y DATOS GRAVIMÉTRICOS

Silva Avalos Raul Ulises<sup>1</sup>, De Basabe Delgado Jonas De Dios<sup>1</sup>, K. Sen Mrinal<sup>2</sup>, González Escobar Mario<sup>3</sup>, Gómez Treviño Enrique<sup>3</sup> y Solorza Calderón Selene<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>The University of Texas at Austin  
<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, UABC  
rsilva@cicese.edu.mx

Inversión de Forma de Onda (FWI por sus siglas en inglés) es un método relativamente nuevo y con constante desarrollo para la obtención de modelos de velocidad de alta resolución. Uno de los principales objetivos de este método es explorar y caracterizar reservorios de hidrocarburos con una mejor resolución respecto a la que proporcionan los procesos convencionales de tomografía sísmica. En términos generales, FWI consiste en minimizar las discrepancias entre datos observados en la superficie y los datos sintéticos calculados mediante técnicas de modelado numérico de forma de onda para obtener de un modelo geológico que explique mejor estas mediciones. FWI tiene dos aspectos principales para su funcionamiento: el uso adecuado de técnicas de optimización para el ajuste de datos y la elección de un buen modelo inicial que permita obtener el mínimo global. En este trabajo integramos de manera cooperativa FWI con inversión gravimétrica, con la finalidad de mejorar la imagen del subsuelo y de solventar algunos problemas que se encuentran en teoría de inversión. Resolvemos FWI usando método de campo adjunto para el cómputo de un gradiente que actualizará iterativamente el modelo de velocidad. Exploramos FWI tanto en medios elásticos como medios acústicos usando sismogramas de presión o velocidad, respectivamente. Iterativamente, integramos de manera secuencial la inversión gravimétrica para retro-alimentar los modelos de densidad y velocidad, para obtener un modelo del subsuelo que ajuste datos de estaciones gravimétricas. Resolvemos la inversión gravimétrica usando el método de Gradientes Conjugados con Mínimos Cuadrados (CGLS) sujeto a una relación petrofísica entre la densidad y velocidad. La motivación de nuestro trabajo al integrar dos métodos geofísicos totalmente diferentes, como el sísmico y el gravimétrico, radica en la explotación de los beneficios que ambos métodos proporcionan; FWI proporciona modelos de velocidad con buena resolución estratigráfica, mientras inversión gravimétrica proporciona buena resolución horizontal producto de cambios laterales de densidad. De esta manera, presentamos resultados usando modelos que contienen información estratigráfica alrededor de un cuerpo de alta densidad/velocidad, idénticos a la estructura y geología de un cuerpo salino. Los modelos ajustan tanto datos sísmicos como gravimétricos recuperando en gran medida el modelo sintético real.

MSG-11

## INVERSIÓN CONJUNTA 2D DE DATOS DE CORRIENTE DIRECTA Y AUDIOMAGNETOTELÚRICOS

Pantoja Matamoros Luz del Carmen, Pérez Flores Marco Antonio y Esparza Hernández Francisco Javier  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
lpantoja@cicese.edu.mx

Dentro del campo de Geofísica Superficial (Near Surface Geophysics) el método Audiomagnetotelúrico (AMT) se anexa a los métodos superficiales como Corriente Directa (DC). Mediante el método de Corriente Directa 2D se obtienen modelos de resistividad detallados a 80 m de profundidad o más, dependiendo de la potencia de la fuente. El método Audiomagnetotelúrico es una extensión del Magnetotelúrico (MT) que trabaja con frecuencias más altas, por lo que la profundidad de penetración va desde algunas decenas de metros hasta algunos cientos de metros, mayor a la alcanzada por DC. La finalidad de hacer inversión conjunta es aprovechar la alta resolución superficial de DC y la mayor penetración de AMT para poder aplicarla a objetivos de exploración entre 0 y 200 metros o más. Se cuenta con dos programas, ambos corren en una sola iteración pero uno de ellos trabaja con el logaritmo de la resistividad y el otro con conductividad. El objetivo de esta investigación

es plantear un algoritmo que funcione con base en un mismo parámetro, en este caso resistividad y que corra iterativamente, en cada iteración se hace una búsqueda automática del parámetro de estabilización numérica óptimo (parámetro de suavizamiento). Los resultados se validan mediante pruebas con datos sintéticos buscando lograr un buen ajuste para ambos tipos de datos, obteniendo mejor resolución en el modelo resultante, así como mayor profundidad de penetración que la obtenida con DC.

MSG-12

### TRAZADO PRECISO DE RAYOS SÍSMICOS Y SU APLICACIÓN A EXPLORACIÓN SUBSALINA MEDIANTE UN ALGORITMO RIEMMANIANO

Hernández Gómez Jorge Javier<sup>1</sup>, Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel<sup>1</sup>, Ortiz-Alemán José Carlos<sup>3</sup>, Couder-Castañeda Carlos<sup>4</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>5</sup> y Yañez-Casas Gabriela Aurora<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional / Centro de Desarrollo Aeroespacial

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México / I.T. Mérida, Departamento de Sistemas y Computación

<sup>3</sup>Litoteca Nacional sede Yucatán, Parque Científico Tecnológico de Yucatán

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial

<sup>5</sup>Servicio Arqueomagnético Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>6</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
jorge\_hdz@ciencias.unam.mx

Es bien sabido que la teoría de rayos sísmicos es poco aplicable en estratos inhomogéneos e interfaces geológicas con geometrías complejas. Aunque han habido en la literatura avances en robustecer la aproximación de rayos mediante enfoques lagrangianos o hamiltonianos, su complejidad matemática es tal que su aplicabilidad a casos de estudio realistas es limitada. En este trabajo se presenta un algoritmo basado en la geometría diferencial, mismo que solo requiere un modelo de velocidades inicial para obtener las geodésicas que representan los rayos sísmicos en estratos inhomogéneos. El método se aplica a un caso realista en exploración geofísica para modelar el trazado de rayos sísmicos a lo largo de un diapiro salino real ubicado en el Golfo de México. Se presentan las trayectorias curvas de los rayos sísmicos obtenidas, con todo el detalle de reflexiones y refracciones que ocurre dentro del cuerpo de sal, lo que permite predecir, y por lo tanto optimizar, los puntos donde deban ponerse receptores a la hora de una adquisición sísmica.

MSG-13

### ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES PETROFÍSICAS EMPLEANDO ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES

Ortiz Aleman Carlos  
Litoteca Nacional Sede Yucatán, Centro Geo, Parque Científico Tecnológico de Yucatán  
carloso@unam.mx

Se presentan algunos avances en la estimación de la porosidad a partir del empleo del procesamiento digital de imágenes. Para poder estimar la porosidad se aplican técnicas de binarización de imágenes utilizando umbrales de corte. Se estiman el tamaño y la forma de los poros, a través de criterios de interpretación semiautomática cuantitativa. Una vez cuantificada la macro porosidad promedio, se establecen criterios de correlación de esta propiedad con los parámetros del poro, considerando las particularidades de cada tipo de litología, para estimar la permeabilidad promedio en la roca. Los criterios de correlación definidos, se utilizan para construir un algoritmo de optimización heurístico para estimar la permeabilidad a partir de los parámetros del poro, considerando rocas sedimentarias de tanto de composición areno-arcillosa como de carbonatos.

MSG-14

### BREAKTHROUGH CURVES OF TRACER TRANSPORT IN RANDOMLY HETEROGENEOUS POROUS MEDIA SIMULATED BY MOMENT EQUATIONS

Morales-Casique Eric<sup>1</sup>, Lezama Campos José Luis<sup>2</sup>, Guadagnini Alberto<sup>3</sup> y Neuman Shlomo P.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>3</sup>Politecnico di Milano

<sup>4</sup>University of Arizona

ericmc@geologia.unam.mx

Modeling tracer transport in geologic porous media suffers from the corrupt characterization of the spatial distribution of hydrogeologic properties of the system and the incomplete knowledge of processes governing transport at multiple scales. Representations of transport dynamics based on a Fickian model of the kind considered in the advection-dispersion equation (ADE) fail to capture (a) the temporal variation associated with the rate of spreading of a tracer, and (b) the distribution of early and late arrival times which are often observed in field and/or laboratory scenarios and are considered as the signature of anomalous transport. Elsewhere we have derived exact stochastic moment equations to model tracer transport in randomly heterogeneous aquifers. We have also developed a closure scheme which enables one to provide numerical solutions of such moment equations at different orders of approximations. The resulting (ensemble) average and variance

of concentration fields were found to display a good agreement against Monte Carlo-based simulation results for mildly heterogeneous (or well-conditioned strongly heterogeneous) media. Here we explore the ability of the moment equations approach to describe the distribution of early arrival times and late time tailing effects which can be observed in Monte-Carlo-based breakthrough curves (BTCs) of the (ensemble) mean concentration. We show that BTCs of mean resident concentration calculated at a fixed space location through higher-order approximations of moment equations display long tailing features of the kind which is typically associated with anomalous transport behavior and are not represented by an ADE model with constant dispersive parameter, such as the zero-order approximation.

MSG-15

### MODELADO TRIDIMENSIONAL DE CAMPO ELÉCTRICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

Cabrer Torres Roberto, Gallardo Delgado Luis Alonso, Gómez Treviño Enrique, Flores Luna Carlos Francisco y Velasco Fuentes Oscar Uriel  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
robertocabrert@gmail.com

Los métodos de exploración geofísica basados en la propagación de ondas electromagnéticas son utilizados para determinar la distribución de conductividad en el subsuelo. Por su capacidad de detección de contrastes entre materiales resistivos y conductivos y por la versatilidad de obtención de datos en campo, los métodos en el dominio del tiempo tales como Corriente Directa, Transitorio Electromagnético y Electromagnético de Fuente Controlada (DC, TDEM y CSEM por sus siglas en inglés) son útiles para recuperar la estructura de conductividades a profundidades de interés para prospectos mineros, hidrológicos, petroleros y geotérmicos; sin embargo estos métodos poseen una pobre relación señal-ruído la cual debe mejorarse fuera de campo a partir de técnicas matemáticas. Se presenta un algoritmo para simular el carácter difusivo de las ondas electromagnéticas al viajar por medios geológicos a partir de técnicas de modelado basadas en esquemas implícitos de diferencias finitas en el dominio del tiempo, adaptados a partir de lo establecido por Crank-Nicolson (1947), el cual ha demostrado brindar soluciones precisas para el modelado electromagnético sin la necesidad de muestreos temporales restrictivos o muy finos puesto que carece de las limitaciones que los esquemas de modelado explícito poseen, convirtiéndose así en un esquema con mayor eficiencia computacional y cuyos resultados son representaciones visuales fácilmente interpretables.

MSG-16

### NUEVO MODELO EULERIANO PARA EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO Y LA LIMPIEZA DE VERTIDOS DE PETROLEO EN EL MAR

Gómez Susana  
Instituto de Matemáticas Aplicadas y Sistemas, Univ. Nacional A. de México, IIMAS UNAM  
susanag@unam.mx

Se presenta un nuevo Modelo Matemático Euleriano, para el estudio del movimiento de manchas de petróleo en el mar, causadas por un buque de transporte, fallas en un pozo de extracción o en una tubería subterránea. Además, el modelo incorpora el efecto de limpieza por aspiración de un barco skimmer. Se propone también, el cálculo de trayectorias óptimas para el barco de limpieza para lograr maximizar la cantidad de petróleo aspirado. Se presentarán resultados de validación del modelo en dos eventos reales, el Prestige y el Oleg Nayedov y los resultados de limpieza al utilizar las trayectorias óptimas, para el barco skimmer, propuestas. Se presentará el software desarrollado.

MSG-17 CARTEL

### SIMULACIONES NUMÉRICAS DE INTRUSIONES MAGMÁTICAS PARA ESTUDIAR EL ORIGEN GEODINÁMICO DEL CAMPO VOLCÁNICO LOS HUMEROS

Bayona Ordóñez Andrés David<sup>1</sup> y Manea Vlad Constantin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
adbayonao@unal.edu.co

El Campo Volcánico Los Humeros (CVLH) es una de las principales calderas volcánicas de México por ser uno de los cuatro campos geotérmicos que generan electricidad en el país. Este se localiza en la cuenca de Serdán Oriental al este de la Faja Volcánica Transmexicana. La comprensión de la evolución geodinámica de la estructura profunda del CVLH es muy importante por su influencia en la ocurrencia de anomalías térmicas e hidrotermales. Al presente, no se ha investigado mediante simulaciones numéricas las condiciones geodinámicas que permitieron que magmas astenosféricos llegaran a la superficie y formaran el CVLH. El presente trabajo consiste en modelar numéricamente el origen profundo de la caldera y entender la interacción de la intrusión en el límite entre el manto y la corteza terrestre. Para este fin se hacen investigaciones paramétricas en donde se estudia la influencia de varios factores como el diámetro de la anomalía astenosférica térmica, el exceso de temperatura, la tasa de extensión horizontal, entre otras. Estas

simulaciones se llevan a cabo utilizando el método de diferencias finitas acoplado con la técnica marker-in-cell para resolver las ecuaciones diferenciales parciales. La reología empleada es visco-elasto-plástica. Los parámetros físicos utilizados para las capas terrestres (astenósfera, corteza inferior y corteza superior) y para la composición de la intrusión magmática son tomados de la literatura existente y de modelos previamente establecidos. Adicionalmente, el modelado incluye procesos de erosión y transporte de sedimentos en superficie. Los resultados preliminares indican que solo bajo ciertas condiciones de extensión horizontal, y de temperatura y radio de la anomalía térmica profunda es posible formar una caldera volcánica de las dimensiones del CVHL. Palabras clave: Evolución geodinámica, Campo Volcánico Los Humeros, parámetros físicos y simulaciones numéricas.

#### MSG-18 CARTEL

### MODELO MATEMÁTICO DE FACTOR DE AJUSTE PARA LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

Calva Olmos Venancio Gerardo<sup>1</sup>, Padron Alejandro<sup>2</sup>,  
Prieto Rafael<sup>3</sup>, Herrera Alberto<sup>3</sup> y Pachiano Mario<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>ICAT / UNAM, UNAM  
<sup>2</sup>icat / UNAM  
<sup>3</sup>ICAT/UNAM  
<sup>4</sup>Universidad Anahuac del Sur  
gerardo.calva@icat.unam.mx

En algoritmos donde interviene la velocidad de propagación, se le considera como un dato fijo, sin embargo, esta velocidad está sujeta a las condiciones del medio por el cual una onda se propaga. Al aplicar una señal a la tierra con la intención de conocer sus características la velocidad de propagación de esta señal dependerá del tipo de tierra sobre la cual se aplica. Como sucede con los sistemas de monitoreo de sismos, en ellos la complejidad aumenta debido a que un evento de esta naturaleza no se da ni a una distancia fija ni a una profundidad fija, lo mismo puede estar a una profundidad de 7 Km que a 160 Km (SSN). La liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas asociadas con el movimiento de la tierra. Viendo los márgenes en los que se puede encontrar la velocidad de propagación, es que se propone un modelo matemático que proporcione un valor, un posible factor que ajuste la velocidad de propagación con base en el medio en el cual se propaga una onda; en específico en el mar. El modelo matemático que se propone considera como variables: a la presión (P) a la temperatura (T) y a la salinidad asociados cada uno con un factor de proporción (K). Cada una de estas variables se consideran para la profundidad a la que pueda estar situado un emisor-sensor que monitorea una zona de mar en específico. Las ondas sonoras y ultra sonoras se propagan en el mar a una velocidad que comprende de: 1400 m/seg a 1600 m/seg. Si primero se propone dejar constante la presión y la temperatura, y se analiza el cambio que tiene la velocidad de propagación debido a la salinidad del agua de mar De aquí que obtener el factor de ajuste de la velocidad solo sea con base en la salinidad que en ese momento se este considerando. Si se detecta un incremento en el nivel de salinidad de 1%, el aumento de nivel llevaría a considerar una velocidad de: 1 401.4 m/seg. Este resultado se iría ajustando conforme se agregan las variables de presión y de temperatura, siendo esta última la que mayor aumento registra o la que contribuye mayormente con el incremento en la velocidad final, en mediciones superficiales. Interviniendo las demás variables se completa el valor que tendrá el factor de ajuste, para cubrir el margen de: 200 m/seg en los que puede variar la velocidad. La idea general es presentar un modelo matemático de un factor de ajuste de la velocidad de propagación con base en condiciones del medio, cuál sería su comportamiento al ser utilizada en los diferentes algoritmos, sean estos de recuperación de señales o para modelar fenómenos naturales.

#### MSG-19 CARTEL

### SOLUCIONES MULTIOBJETIVO ÓPTIMO PARETO EN PROBLEMAS DE INVERSIÓN CONJUNTA MEDIANTE GRADIENTES CRUZADOS

Ríos Mata Diana<sup>1</sup>, Fregoso Becerra Emilia<sup>1</sup>, García Chan Néstor<sup>1</sup> y Marín Maldonado Sara Leticia<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>CUCEI, Universidad de Guadalajara  
<sup>2</sup>CUCEA, Universidad de Guadalajara  
diana.ríos.mata@gmail.com

A través de la inversión de datos geofísicos es posible determinar propiedades físicas del subsuelo, como son: la resistividad eléctrica, velocidad de ondas sísmicas, la densidad, susceptibilidad magnética, entre otras. La inversión conjunta es una estrategia que combina información de diferentes conjuntos de datos para reducir la no unicidad inherente en la inversión de datos individuales. La idea básica de la metodología de inversión conjunta mediante gradientes cruzados, es que las propiedades físicas tienden a cambiar en la misma posición y se enfoca en la búsqueda de la similitud estructural entre ellas. La aplicación de esta metodología es ampliamente reportada en la literatura. En este trabajo se presenta un acoplamiento entre la inversión conjunta mediante gradientes cruzados y las soluciones multi objetivo tipo óptimo Pareto, con el objetivo de identificar si algún conjunto de datos geofísicos, utilizado en la inversión conjunta, aporta mayor información con relación a la identificación de las estructuras en el subsuelo

#### MSG-20 CARTEL

### MODELO INVERSO DE ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS PARA UNA CUENCA SEDIMENTARIA MEDIANTE PROGRAMACIÓN EVOLUTIVA

González Sánchez Michael Francisco Emmanuel y Soto Villalobos Roberto  
Universidad Autónoma de Nuevo León, U.A.N.L.  
pakogonzalez97@gmail.com

En el área de gravimetría, se hacen modelos de anomalías gravimétricas, directos e inversos, según sea la geometría del objeto o la distribución de las capas, tomando en consideración de estas anomalías, la densidad, la geometría del objeto de estudio y la profundidad a la que se encuentra el mismo. La finalidad del trabajo es que por medio de una herramienta metaheurística, tal como la programación evolutiva, misma que trabaja bajo el paradigma de una función objetivo, en la cual busca encontrar el mínimo o máximo, según sea el caso de esta función, por medio de individuos y en su caso trabajar con poblaciones. Plantear el problema inverso y encontrar los parámetros del modelo directo, agilizando de esta forma, las interpretaciones y búsqueda de parámetros por métodos clásicos, observar las variaciones que pudiesen existir en cuanto a la densidad conforme a su profundidad y la geometría del objeto de estudio, dentro del cual se considera como ejemplo de un modelo directo una cuenca sedimentaria.

#### MSG-21 CARTEL

### USO DE LA OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA EN LA INVERSIÓN DE DATOS DE POTENCIAL ESPONTÁNEO

Martínez Ruiz Teresa Monserrat y Soto Villalobos Roberto  
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL  
teresa.martinezruiz@uanl.edu.mx

Los Algoritmos Evolutivos (AEs) son metaheurísticas en las cuales su comportamiento se basa en el uso de números aleatorios y, por lo tanto, no necesariamente generan el mismo resultado cada vez que se ejecutan. Una metaheurística es un procedimiento de alto nivel que aplica una regla o un conjunto de reglas que se basan en una fuente de conocimiento relativamente eficiente. En este trabajo el algoritmo principal que se utiliza es una metaheurística llamada Programación Evolutiva, el cual es uno de los principales AEs basados en poblaciones que se utiliza en la optimización estocástica. Se tiene como objetivo utilizar este algoritmo evolutivo en la estimación de parámetros para el modelado de anomalías de potencial espontáneo en el caso de estructuras simples polarizadas, como lo son la esfera y el cilindro horizontal. Además de la estimación de los parámetros, se realiza un análisis de la convergencia del algoritmo. Los parámetros de interés son: el momento dipolar eléctrico, profundidad, ángulo de polarización y el factor de forma. A cada uno de estos modelos se les agrega una perturbación con un ruido gaussiano el cual se asemeja más a datos reales.

#### MSG-22 CARTEL

### SOLUCIÓN DE PROBLEMAS INVERSOS EN GEOFÍSICA MEDIANTE EL USO DE UNA METAHEURÍSTICA

Villarreal Hernández José Armando y Soto Villalobos Roberto  
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL  
armando.villarrealhr@uanl.edu.mx

El objetivo de las prospecciones magnéticas es localizar rocas o minerales con propiedades magnéticas inusuales, que se revelan como anomalías en la intensidad del campo magnético de la tierra. La mayoría de las estructuras geológicas en la exploración de minerales y petróleo se pueden clasificar en 4 categorías: esferas, cilindros, diques y contactos geológicos, Gay (1963,1965);Prakasa Rao y Subrahmanyam(1988) desarrollaron una función para modelar dichas estructuras geológicas la cual consta de 3 variables (Profundidad(Z), Intensidad de magnetización efectiva(K),inclinación de la magnetización efectiva (#)) y 8 constantes las cuales han sido definidas para cada una de las estructuras. En el presente trabajo se presenta la inversión de los datos magnetométricos mediante la optimización del error cuadrático (norma L2) y un método numérico (Newton-Raphson) lo que representa una solución analítica, dichos resultados son comparados con los obtenidos a partir de la implementación de Evolución Diferencial, además se presenta la posibilidad de expandir el problema a 11 variables lo que implica que no es necesario la interpretación o implementación de un modelo directo para determinar la estructura representada por una anomalía magnética

## MSG-23 CARTEL

### METODOLOGÍA PARA LA CORRECCIÓN DE EDIFICIOS EN LEVANTAMIENTOS DE DATOS MICROGRAVIMÉTRICOS EN ZONAS URBANAS. ETAPA I

Calderón Moctezuma Armando, Yutis Vsevolod y Tuxpan Vargas José  
 Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT  
 a.calderonmoctezuma@gmail.com

En algunas ciudades del país se han detectado hundimiento en zonas urbanas, estos hundimientos pueden deberse a huecos o cavidades que pueden producir daño a la construcción suprayacente. Uno de los métodos más usados para la detección de cavidades es el método gravimétrico de alta resolución. Para el caso de zonas urbanas requiere una toma de datos precisa y un procesamiento cuidadoso. Nosotros presentamos la primera etapa de una nueva metodología en el procesamiento para la corrección de los efectos de edificios cercanos a los puntos de medición. El objetivo de nuestro trabajo es realizar un código que con los datos disponible en línea pueda hacerse la reconstrucción del edificio de manera digital y conocer el efecto gravitatorio de los edificios circundantes a cada uno de los puntos de medición. En nuestra aproximación el edificio es descompuesto en diferentes poliedros tridimensionales calculando su efecto gravitatorio en miligales que sumados nos da el efecto de todo el edificio. Esta primera etapa presentamos los avances con datos teóricos que posteriormente podrán ser aplicados a datos de campo.

## MSG-24 CARTEL

### MODELOS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN EL RÍO RABANILLO A LA ALTURA DE LA JUNTA AUXILIAR DE SANTIAGO MOMOXPAN, PUEBLA, PUE.

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Mejía Pérez José Alfredo, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruíz Francisco Martín, Ventura Marroquín Julia Isabel, Tellez de la Cruz Oscar Alexis, Caba Baez Alfredo Yael y Rosas Rosales Perla Sagrario  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
 jose.gogu@gmail.com

El río Rabanillo nace en Almolca de Tlaltenango (19°04'41.5"N y 98°17'31.6"W), donde comienza con el nombre de río Prieto, después es entubado y vuelve a surgir en 19°04'37.9"N y 98°16'45.9"W, donde se convierte en río Rabanillo. El caudal del Río Rabanillo mide aproximadamente 5.36 kilómetros de distancia desde que nace hasta que se une con el Río Atoyac. Habitantes de la junta auxiliar de Santiago Momoxpan afirman que el río Rabanillo se comenzó a contaminar desde 1977; posteriormente se presentó el trabajo "Contaminación del suelo, el agua y el aire y su repercusión en la sociedad" (Corona Mata, V., 1995) en el cual se presentan datos técnicos y se proporciona información de la investigación realizada en 1994 sobre el río Rabanillo. En esta oportunidad, se presentaran esquemas de modelación de dispersión de contaminantes a la altura de la colonia Melchor Ocampo, de la junta auxiliar citada, en donde se encuentra un complejo de fábricas textiles. Para logra dicho propósito se resuelve numéricamente una ecuación gaussiana e independiente del tiempo que simula el penacho de contaminantes que se genera en el agua por un emisor determinado. El modelo obtenido nos permite establecer la concentración de contaminantes en cada punto afectado del agua producido por cada una de las fuentes emisoras.

## MSG-25 CARTEL

### EXTRAPOLACIÓN DE DATOS POR MEDIO DEL MODELO DE REGRESIÓN POLINOMIAL APLICADO A LA PRODUCCIÓN VS RESERVAS DE PETRÓLEO EN MÉXICO UTILIZANDO "WEIGHT FACTORS"

González Guevara José Luis, Martínez Mirón Yleana Claudia, Meléndez Arvizu Luis José, Milacatl Morales Miguel Eli, Morales Montalvo Sebastián, Flores Armenta Pamela, Castillo Pensado Juan Luis, Mejía Pérez José Alfredo y Alonso Ruíz Francisco Martín  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
 jose.gogu@gmail.com

En el presente trabajo se muestran los resultados de una investigación previamente realizada, sobre las reservas petrolíferas en México. Dicho análisis se basa en la estimación probabilística de los datos de producción y reservas de petróleo en México, durante el periodo comprendido entre los años 1979 - 2016, obtenidos de cuatro fuentes: Petróleos Mexicanos (PEMEX), British Petroleum (BP), The Energy Information Administration (EIA) y ECOPEP. Con base en esto se compararon las distintas bases de datos de cada empresa y se llevó a cabo un procesamiento con el método estadístico de regresión polinomial con el cual se detectó una discrepancia conforme a la relación reservas vs producción. Posteriormente se investigaron los factores de peso que podrían afectar dicho análisis como la economía mundial, guerras geopolíticas, la variación del precio del petróleo, el descubrimiento de nuevos yacimientos y el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la extracción del crudo en lugares en donde actualmente no es viable la extracción. Esta información se utilizó posteriormente para que los datos fueran extrapolados y se realizó una proyección hasta el año 2045, a fin de determinar el posible colapso de la sostenible económica mexicana en términos de petróleo. Se agregaron estas

nuevas variantes a la regresión polinomial para ajustar de mejor manera el modelo previamente propuesto. Dichas proyecciones se compararon entre sí, dando como resultado una estimación de un punto crítico en el sector petrolero a partir del año 2030, coincidiendo en un colapso total entre los años 2035 y 2040.

Sesión regular

# **OCEANOGRAFÍA COSTERA**

Organizadores:

Héctor García Nava  
Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu  
Miguel Ángel Ahumada Sempoal  
Manuel Verduzco Zapata

OCC-1

## DETECCIÓN DE FRENTE OCEÁNICOS EN EL SUR DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Olaya Frank Claudio<sup>1</sup>, Durazo Arvizu Reginaldo<sup>1</sup> y Oerder Vera<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad autónoma de Baja California, UABC<sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar  
folaya@uabc.edu.mx

Los frentes oceánicos son zonas relativamente estrechas con valores altos en los gradientes de las propiedades físicas químicas y biológicas que delimitan fronteras entre diferentes tipos de agua. Se ha demostrado que son sitios con alta productividad primaria los cuales influyen en los ecosistemas marinos en todos los niveles de la cadena trófica. En el presente trabajo se realiza la detección de frentes oceánicos a partir de siete años (2006-2013) de imágenes de temperatura superficial del mar (TSM) del producto Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR). Las imágenes, con resolución espacial de ~1 km y temporal de 1 día, representan mediciones de diferentes productos satelitales y datos in situ, y son libres de nubosidad. Se utilizaron además mediciones in situ realizadas con un vehículo autónomo (Glider) a lo largo de la línea 90 de CalCOFI, al sur del Sistema de la Corriente de California. Los datos se espaciaron a 3 km utilizando un ajuste polinómico, y determinando la distancia euclidiana entre los puntos de ajuste. Se encontró una alta correlación entre los valores de temperatura del Glider y los datos MUR ( $p < 0.001$ ). Los gradientes horizontales de TSM permitieron identificar zonas frontales a lo largo de las trayectorias del Glider en el periodo de estudio. El mayor número de frentes en los datos de Glider se encontró aproximadamente a ~200 km de la costa, debido a los efectos de surgencias causada por el viento y por la posición del núcleo de la Corriente de California. Los resultados mostraron que el número de frentes varía estacionalmente, con un incremento desde la primavera hacia el verano, y una disminución del otoño al invierno. Dentro del periodo de estudio los datos MUR detectaron un mayor número de frentes en comparación con los datos de glider. Palabras Claves: Frentes Oceánicos, TSM, Corriente de California, Glider, MUR.

OCC-2

## DINÁMICA DEL PACÍFICO TROPICAL DE LA COSTA OESTE DE MÉXICO CENTRAL

Álvarez Valladares Cleofé, Durazo Arvizu Reginaldo, Castro Rubén y Flores Ana Laura

Universidad Autónoma de Baja California, UABC

cleofe.alvarez@uabc.edu.mx

Se utilizaron datos satelitales mensuales de largo periodo (1993-2017) e hidrocalas verticales de CTD de ocho cruces de verano, para caracterizar la variabilidad hidrodinámica de verano del Pacífico Tropical de la Costa Oeste de México Central, con énfasis en el estudio de la Corriente Costera Mexicana (CCM). Los resultados mostraron dos periodos estacionales, uno cálido y otro frío, con meses de transición en abril y octubre, respectivamente. La climatología estacional de la topografía dinámica absoluta (ADT) durante el periodo frío, muestra una lengua de aguas relativamente frías que alcanza las inmediaciones de Colima, que sugiere el desplazamiento hacia el ecuador de la Corriente de California a lo largo de la costa. La relativamente elevada salinidad de dicho flujo sugiere la incorporación de aguas superficiales del Golfo de California. Durante el periodo cálido, la extensión espacial de la Alberca de Agua Cálida en el Pacífico central aumenta. La presencia costera de aguas de mayor temperatura durante Mayo-Septiembre sugiere una advección de aguas cálidas y ligeras hacia el polo, que se identifica como la CCM. La señal de estas aguas cálidas abarca toda la costa oeste de México central hasta la entrada del Golfo de California, lo que coincide con el desplazamiento hacia el norte (~10° N) de la Zona Intertropical de Convergencia. Se observan cambios significativos en el patrón estacional de circulación superficial cercano a la costa, producto de los cambios en la ADT y el ciclo anual de la temperatura superficial del mar. Se estudia la estructura subsuperficial de la CCM asociada con la variabilidad superficial observada.

OCC-3

## LA TERMOCLINA EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Obeso-Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup> y Jiménez-Illescas Ángel Rafael<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, CICIMAR - IPN<sup>2</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima  
mniebla@ipn.mx

Se describe la evolución temporal del gradiente de temperatura en la bahía, con base en muestreos mensuales de enero a diciembre. En la estructura vertical se puede apreciar la menor temperatura superficial en febrero con 20.14 °C, que se incrementa hasta un máximo en agosto con 30.32 °C, para después disminuir con un valor de 22.00 °C en enero. Se registró una capa de mezcla desde octubre hasta marzo, con el valor máximo en diciembre con 48 m de profundidad, en junio y julio la capa de mezcla prácticamente desaparece con un mínimo de 3 m. La termoclina durante junio y julio prácticamente aflora a la superficie y se hunde de octubre a marzo, registrándose la mayor inmersión en diciembre a una profundidad de 48 m.

El gradiente térmico en los primeros 100 m de profundidad presentó el valor máximo en agosto y diciembre con 0.14 °C m<sup>-1</sup> y la pendiente mínima se encontró en febrero con 0.04 °C m<sup>-1</sup>. La termoclina se puede clasificar con base al gradiente térmico como escarpada de julio a diciembre y no escarpada de enero a junio. Térmicamente la bahía puede clasificarse en una condición cálida de julio a noviembre, en un estado de transición de diciembre a enero y en una etapa fría de febrero a junio. La mayor diferencia de temperatura se registró en la superficie (10.18 °C) entre agosto y febrero, a 50 m de profundidad fue de (9.17 °C) entre septiembre y mayo, a 100 m fue de (5.2 °C) también entre septiembre y mayo, a 200 m fue de (1.20 °C) entre septiembre y marzo y a 300 m fue de (1.13 °C) entre julio y marzo. Con lo que puede concluir que la mayor variabilidad de temperatura en la bahía se encuentra en los primeros 100 m de profundidad, con una termoclina permanente en los primeros 100 m de profundidad.

OCC-4

## DINÁMICA COSTERA FRENTE A SAN ANTONIO DE LOS BUENOS, TIJUANA, B.C.

Mejía Trejo Adán<sup>1</sup>, Ramírez León Hermilio<sup>2</sup>, Morales Rubén<sup>3</sup> y Marván Fernando<sup>4</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC<sup>2</sup>PIMAS, S.C.<sup>3</sup>IMTA<sup>4</sup>CE Oceanografía

amejia@uabc.edu.mx

Durante el mes de julio de 2018 se llevó a cabo una serie de mediciones oceanográficas en la zona costera de San Antonio de los Buenos, Tijuana, BC. El motivo del estudio es debido al interés de conocer las condiciones ambientales, evaluar la instalación de un emisor submarino y analizar la dilución de la descarga de la planta de tratamiento (1 m<sup>3</sup>/s). Los datos de CTD, ADCP y viento son analizados para establecer las principales condiciones ambientales de la zona de estudio. Con base a las mediciones oceanográficas y volúmenes de descarga se establecen escenarios de la dilución inicial y de dispersión de la pluma en la zona costera. Durante el periodo de medición se observó que el efecto del viento tiene el papel más importante en la circulación costera y por consecuencia en el transporte de contaminantes descargados a la zona.

OCC-5

## CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ENTRAINMENT CUANDO EL OCÉANO ES FORZADO POR VIENTO NORMAL A LA COSTA

Ortiz-Bañuelos Alma Delia, Velázquez-Muñoz Federico Angel,

Tereshchenko Iryna, Filonov Anatoliy y Monzón César Octavio

Universidad de Guadalajara, UDG

fiscalmaortiz@gmail.com

Algunos trabajos sobre la dinámica del Golfo de Tehuantepec forzada por viento normal a la costa afirman que al enfriamiento superficial del océano es generado, entre otros procesos, por mezcla vertical, lo que se conoce como entrainment, que es cuando el agua fría subsuperficial es llevada hacia la superficie. Este proceso de entrainment está asociado con la mezcla a lo largo de las trayectorias isopícnicas y es controlado en el fondo de la capa de mezcla por la intensidad del esfuerzo del viento, aportando agua fría para la disminución de la temperatura superficial del océano. En este trabajo se muestran los cálculos del entrainment utilizando un modelo numérico simplificado de un océano rectangular, con estratificación inicial uniforme, fondo plano y que solo es forzado por viento normal a la costa. Se evalúa el entrainment, tanto de manera vertical, horizontal, como por la variación del grosor de la capa de mezcla y su relación con los cambios en la temperatura superficial para distintos valores de intensidad y duración de los eventos de viento.

OCC-6 PLÁTICA INVITADA

## SOBRE EL PAPEL DE LAS BRISAS MARINAS EN LA DINÁMICA LITORAL

Torres-Freyermuth Alec

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

atorresf@ii.unam.mx

Las brisas marinas, presentes en las costas alrededor del mundo, son un fenómeno ampliamente estudiado. Sin embargo, sus efectos en la dinámica litoral dependen fuertemente de la localización geográfica. Estudios previos han caracterizado las brisas alrededor del mundo, siendo la costa norte de Yucatán uno de los lugares con brisas marinas intensas. Sin embargo, existen pocos estudios enfocados a entender el papel que juegan las brisas en la dinámica litoral en costas tropicales. Este trabajo presenta una reseña sobre algunos de los trabajos realizados a lo largo de los últimos años con el fin de caracterizar la dinámica litoral asociada a este fenómeno en la costa de Yucatán. Los estudios permitieron estudiar a detalle la hidrodinámica, transporte de sedimentos, y morfología de playas a través de mediciones de campo. Las brisas marinas generan oleaje oblicuo de corto periodo, generando la corriente litoral responsable del transporte de sedimentos neto en playas. La morfología de la playa es altamente sensible a la presencia de estructuras costeras paralelas y

pendiculares a la costa. Los estudios demuestran que la dinámica litoral está controlada por las brisas marinas debido a su persistencia e intensidad. Por lo tanto, para predecir los cambios en la línea de costa y la circulación costera en esta zona es fundamental conocer los efectos del cambio climático en las brisas marinas. Agradezco a los autores y coautores de los trabajos presentados en esta reseña, y a los proyectos DGAPA-UNAM (PAPIIT IN101218) y CONACYT- Investigación Científica Básica 2016 (284430) por su apoyo financiero.

## OCC-7

**EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Martínez Serrano Ibiza<sup>1</sup>, Ochoa Martínez Carolina Andrea<sup>2</sup> y Torales Rodríguez Adrián<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana

<sup>2</sup>Universidad Veracruzana, UV  
ibimartinez@uv.mx

El cambio climático (CC) es sin lugar a dudas el reto del presente siglo, ya que los modelos globales prevén un planeta más caliente, un incremento en el nivel de mar y cambios en los patrones de lluvia, que por interconectividad entre los sistemas físico y oceánico, conllevan a un futuro incierto y con costos imposibles de evaluar. Los ecosistemas y sistemas humanos se encuentran expuestos a fenómenos extremos convexos al clima: olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones, incendios forestales, etc. De acuerdo con el reporte mexicano sobre cambio climático, un ejemplo de amenaza a la diversidad biológica marina en el país, es el efecto de la contaminación sonora y de la oceanografía en general sobre los mamíferos marinos. En Veracruz habitan más de 13 especies de estos organismos, y con más de 720 km de litoral, es un estado vulnerable y altamente expuesto al cambio climático. Por lo anterior, es primordial entender el impacto que esta amenaza tendrá sobre los ecosistemas marinos, ya que existen pocos estudios a nivel global y su estudio en México es aún más incipiente. Recientemente, en el Golfo de México se ha observado una variación en la estacionalidad que sumada a una variabilidad climática, es probable que altere el ecosistema, así como la modificación (aumento y/o disminución) de mamíferos marinos y de fenómenos hidrometeorológicos. El presente estudio propone analizar si la interacción océano-atmósfera y su relación con la presencia de mamíferos marinos en el golfo de México, son debidos al CC, a través del análisis de posibles variaciones temporales de teleconexiones existentes en la zona, o al aumento ya sea en intensidad-duración o frecuencia de los eventos hidrometeorológicos extremos en la zona. Para ello, se utilizarán registros meteorológicos de los últimos quince años en ambos sistemas.

## OCC-8

**CONSECUENCIAS ECOLÓGICAS DE LA ADVECCIÓN DE MASAS DE AGUA DE SURGENCIA EN LA PLATAFORMA DE YUCATÁN**

Becerra Reynoso Román Tzicuri, Mariño Tapia Ismael, Herrera Silveira Jorge Alfredo, Souza Gómez Alejandro Jose Gerardo, Osorio Moreno Ileana, Aguilar-Trujillo Ana y Merino Virgilio Fany

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV  
roman.becerra@cinvestav.mx

Se ha observado la influencia de masas de surgencia en la zona noroeste del talud y en la zona de Cabo Catoche (surgencia ampliamente estudiada) en la plataforma de Yucatán. Estas masas están aisladas entre sí por agua más cálida, por lo que probable que exista un origen local (no advectivo) en la zona noroeste del talud, por lo que el objetivo de este estudio es determinar si la masa de surgencia en la zona noroeste del talud deriva de la advección horizontal de agua de surgencia desde Cabo Catoche o si se produce localmente por otro proceso oceánico. De ser así, identificar evidencia biológica y consecuencias ecológicas de la migración en la comunidad de fitoplancton. Se obtuvieron datos fisicoquímicos de dos cruceros (GOMEX 02 Y GOMEX 05) en la plataforma de Yucatán. Además, se obtuvo información de velocidad de corrientes del modelo Copernicus Global NEMO. Con ambas fuentes de información se calculó el componente vertical ( $w$ ) de la velocidad, mismo que indicó las zonas de surgencia ( $+w$ ). La masa de agua en la zona noroeste no fue elevada por procesos locales, dejando la advección desde Cabo Catoche como el proceso responsable de esto. Influencia de descargas submarinas de aguas subterráneas (SGD) fue registrada en la zona noroeste del talud, teniendo repercusiones en las concentraciones de nutrientes locales. La comunidad de fitoplancton cambió en términos de riqueza y abundancia. Debido a la advección del agua, se produjo el agotamiento de nutrientes debido al consumo de fitoplancton. La falta de nutrientes de la masa de agua de surgencia, al ser transportada a la zona noroeste, causó pérdidas en primer lugar en abundancia, riqueza y diversidad de diatomeas. Por lo tanto, el componente fotosintético de la comunidad de Cabo Catoche se perdió durante la advección de la masa de agua de surgencia, lo que resultó en una comunidad dominada por dinoflagelados heterotróficos o mixotróficos. La evidencia biológica de la migración prevalece sobre el hecho de que la diversidad total de la zona noroeste estuvo totalmente contenida en la diversidad de Cabo Catoche. Las especies como *Guinardia striata*, *Hemiaulus hauckii*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudonitzschia delicatissima*, entre otras, fueron distintivas de la surgencia Cabo Catoche.

## OCC-9

**VARIACIÓN DE LA RELACIÓN N:SI:P POR DISTINTOS MECANISMOS DE FERTILIZACIÓN Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE CLOROFILA-A EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

Olivos-Ortiz Aramis<sup>1</sup>, García-Mendoza Ernesto<sup>2</sup>, Zenteno-Palma Carlos<sup>3</sup>, Romo Curiel Alfonsina Eugenia<sup>4</sup>, Almazán-Becerril Antonio<sup>4</sup> y Rivas-Camargo David<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Colima, UCOL

<sup>2</sup>CICESE

<sup>3</sup>Universidad de Colima

<sup>4</sup>CICY-Quintana Roo  
aolivos@ucol.mx

En la actualidad se ha visto que en distintas zonas costeras del mundo, la entrada de N, Si y P a la zona costera desde fuentes naturales o antrópicas generan distintas relaciones estequiométricas debido a las cantidades que son aportadas de forma casi permanente, lo cual determina el desarrollo fitoplanctónico y se refleja en la cantidad de clorofila-a. Con el objetivo de determinar si los mecanismos de fertilización en la cuenca sur del Golfo de California hacen variar las relaciones estequiométricas N:Si:P y si esto se refleja en la producción de clorofila-a, se realizó un muestreo (3-13 de agosto de 2015) en 43 estaciones, con toma de muestras superficiales, 10 y 20 m de profundidad entre la boca del Golfo de California y el sur de las Grandes Islas a bordo del barco Esperanza de Greenpeace. Colorimétricamente se determinó la concentración de nutrientes inorgánicos y clorofila-a, se identificaron taxonómicamente los principales grupos fitoplanctónicos, y se determinaron isótopos estables ( $\delta^{15}N$ ) en la materia orgánica particulada. Se identificaron dos zonas con mayor concentración de nutrientes, una en la costa de Sonora-Sinaloa relacionada con aportes continentales de origen agrícola donde la relación N:P promedio fue 4.32 y la N:Si 1.05. La segunda se relacionó con una posible surgencia por efecto isla, donde las relaciones promedio N:P son 5.04 y la N:Si 1.02, en la primera zona se registró un valor medio de clorofila-a de 1.64 y en la segunda de 2.67 mg/m<sup>3</sup>. Se asume que la entrada de nutrientes es distinta ya que en la costas de Sonora-Sinaloa el valor promedio de  $\delta^{15}N$  fue de 3 ppm y al sur de las Grandes Islas el promedio de  $\delta^{15}N$  fue de 9 ppm. Los grupos de fitoplancton fueron distintos en ambas zonas, frente a Sonora-Sinaloa las diatomeas fueron las más abundante (86.2% abundancia relativa) y al sur de las islas los dinoflagelados (64.4% abundancia relativa). Estas relaciones estequiométricas muestran que los procesos de fertilización son distintos y pueden determinar la abundancia de grupos fitoplanctónicos que con el tiempo se pueden convertir en dominantes con posibles repercusiones en la ecológica del Golfo de California.

## OCC-10

**FUENTES DE VARIACIÓN DE CLOROFILA-A EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN: ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA MODULACIÓN CLIMÁTICA INTER-ANUAL SOBRE LA BIOMASA DE FITOPLANCTON**

Herrera Silveira Jorge Alfredo<sup>1</sup>, Medina Gómez Israel<sup>2</sup>, Aguilar-Trujillo Ana<sup>2</sup>, Cruz-Trejo Giuliana I.<sup>2</sup> y Juárez Miryam<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, CINVESTAV

<sup>2</sup>CINVESTAV

jorgeherrerasilveira@gmail.com

Se realizó el análisis de las concentraciones de clorofila-a (Cl-a) en una red de 12 estaciones costeras (20-40 km de la línea de costa) del norte de la Península de Yucatán (PY) colectadas durante tres campañas oceanográficas entre el invierno de 2015 y el verano de 2018. El objetivo del presente estudio fue establecer el comportamiento de la Cl-a sometida a un marco físico-ambiental caracterizado por la ausencia de aportes continentales de ríos pero su subterráneo, régimen estacional de lluvias/secas cuya variabilidad se asocia a la intensidad de oscilaciones climatológicas de escala global de carácter inter-annual como El Niño (ENSO). Las variaciones de las concentraciones de Cl-a presentó valores máximos en noviembre de 2015 (9.3 mg m<sup>-3</sup>), sugiriendo que la alta incidencia de eventos climatológicos (frentes fríos o "nortes" y ondas tropicales) registrados durante el período invernal de 2015 indujo un desarrollo significativamente mayor (promedio de  $1.69 \pm 1.5$  mg m<sup>-3</sup>; cociente-F= 180.28; valor-p<< 0.05) de biomasa de fitoplancton costero en la PY. El rasgo ambiental de dicha temporada de nortes-2015 fue potenciado por la presencia de ENSO durante este año, la cual adelantó el arribo de los nortes con mayor precipitación. En segundo término de importancia fueron las concentraciones de Cl-a observadas durante el verano de 2018 ( $0.48 \pm 0.5$  mg m<sup>-3</sup>), período libre de efectos de ENSO (condición neutra de acuerdo con el índice ONI) y caracterizado por precipitación profusa en junio, condición distintiva del inicio de la temporada lluviosa en esta región. La Cl-a más significativa durante esta campaña (intervalo de 1.5-2.7 mg m<sup>-3</sup>) se ubicó en una región hidrográfica distintiva de la costa centro-oriental peninsular (Río Lagartos-Holbox), bajo la influencia de la pluma de surgencia de Cabo Catoche y el aporte de agua subterránea. La campaña realizada en otoño-2016 registró el nivel más bajo de Cl-a ( $0.36 \pm 0.2$  mg m<sup>-3</sup>), estableciéndose como un año influido por la fase fría de ENSO (La Niña) con una distribución más homogénea de lluvias durante el verano. Estos resultados proporcionan indicios de la repercusión que eventos climatológicos globales pueden tener en el ecosistema costero yucateco, sugiriendo el acoplamiento entre procesos

atmosféricos, fenómenos oceanográficos y ecológicos. Se sugiere un acoplamiento entre la variabilidad estacional de fenómenos oceanográficos de mediano plazo como los pulsos de surgencia y aportes subterráneos de agua continental que en conjunto se asocian al aumento de biomasa fitoplanctónica, sugiriendo la revisión de la condición oligotrófica que se ha reportado para esta región, y la conectividad entre el ambiente terrestre y la zona marina adyacente.

OCC-11

## CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LOS AMBIENTES COSTEROS DERIVADAS DE LA INTERACCIÓN ATMÓSFERA-HIDROGEOLOGÍA-PRESIÓN ANTRÓPICA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Morales Ojeda Sara María, Herrera Silveira Jorge Alfredo, Mariño Tapia Ismael, Medina Gómez Israel, Ramírez Ramírez Javier, Kantun Manzano Cristian, Mendoza Martínez Juan y Cota Lucero Tania  
Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional, CINVESTAV  
sara.morales@cinvestav.mx

La región de la Península de Yucatán (PY) es una masa calcárea localizada en la zona tropical, no obstante que ha sido descrita como una unidad, se identifican tres subregiones (Caribe, costa norte y costa oeste), las cuales presentan diferentes interacciones entre controladores terrestres (geología, descargas de aguas subterráneas -DAS-), oceánicos (mareas y corrientes) y atmosféricos (clima, eventos hidrometeorológicos), que en conjunto con el factor antrópico determinan la configuración espacial y condición ecológica de los ecosistemas costeros. El diagnóstico y monitoreo ambiental en las tres regiones de la PY han generado nuevo conocimiento del funcionamiento de sus ecosistemas costeros, y son herramientas para el manejo sostenible. En este trabajo se analizaron y sintetizaron estudios de los autores en la PY que incluyen variables de calidad del agua (nutrientes y Cl-a), biológicas (pastos marinos) e hidrodinámicas. En la región del Caribe los flujos de DAS forman cavernas inundadas que descargan en costa, formando caletas por la disolución generada al mezclarse con agua salada. Presenta una barrera arrecifal que disipa la energía de olas y corrientes y presenta una extensa laguna arrecifal. Las aguas marinas son oligotróficas, sin embargo, se observan indicadores de impacto antrópico en la calidad del agua y praderas de pastos marinos. Estas últimas están co-dominadas por *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* con coberturas entre 20 y 60%. Los arribos de sargazo pueden afectar negativamente esta comunidad. Las lagunas costeras de esta región presentan buenas condiciones de salud ambiental, sin embargo, el sistema Nichupte-Bojórquez es el más impactado y contaminado de toda la PY. La zona norte de esta región presenta la surgencia de Cabo Catoche. La región norte es una amplia plataforma somera influenciada por la estacionalidad y abundancia de las DAS. Sus aguas varían de oligotróficas a mesotróficas naturales. Las variables de calidad del agua y de los sedimentos indican aportes de las actividades antrópicas tierra adentro. Se identificó que las DAS tienen influencia en la estructura de los pastos marinos, los cuales se caracterizan por praderas mixtas de *T. testudinum*, *S. filiforme* y *Halodule wrightii* con coberturas promedio entre 30 y 80%, la cuales han sido impactadas por florecimientos algales nocivos, sin embargo, han demostrado alta capacidad de resiliencia. Las lagunas costeras de esta región son heterogéneas en sus características, principalmente relacionado con las DAS y su grado de conectividad con actividades antrópicas principalmente ganadería y agricultura. La región oeste presenta una extensa plataforma continental muy somera cuyas condiciones de hidrodinámica y batimetría favorecen extensas y continuas coberturas de pastos marinos y macroalgas (promedio 40-100%). Presenta baja presión antrópica por lo que las características de la calidad del agua indican buenas condiciones y su estado es oligotrófico. El aporte de agua dulce además de manantiales es por escorrentías que provienen de los manglares. Las características fisiográficas no favorecen la formación de lagunas costeras y es la única región donde se encuentra manglar frente al mar a lo largo de toda la costa.

OCC-12 PLÁTICA INVITADA

## EXPORTACIÓN ESTACIONAL DE AGUA HIPERSALINA DESDE LA ZONA COSTERA DE YUCATÁN HACIA EL GOLFO DE MÉXICO

Enríquez Ortiz Cecilia<sup>1</sup>, Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup>, Aragón Jesús<sup>2</sup> y Reyes Oscar<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>ECOSUR  
cenriqz@ciencias.unam.mx

Las lagunas costeras del estado de Yucatán pueden ser sistemas que generan importantes volúmenes de agua hipersalina. Esto es debido a las condiciones meteorológicas regionales en combinación con la naturaleza kárstica de la Península. Bajo cierta combinación de procesos, el agua hipersalina puede exportarse al mar costero, acarreado con ella materia (biótica y abiótica) y propiedades. Mientras mayor sea el área de la laguna, menor la profundidad y más restringida la comunicación con el mar, mayor concentración de sal se genera. Este es el caso de la laguna Río Lagartos, que fue usado por las civilizaciones Mayas locales como fuente de sal y ahora alberga una industria salinera de importancia nacional. El presente trabajo presenta mediciones in situ de los intercambios de agua y sal entre la laguna y el mar durante ciclos de marea completos en las diferentes

estaciones climáticas de la región. Los resultados muestran la salida persistente de agua hipersalina durante la época de lluvias, época del año en la que se registraron las mas altas concentraciones de sal en la boca de la laguna, principalmente durante las horas de bajar en mareas vivas. Se presume que el aumento de presión en el acuífero debido a las intensas lluvias de verano genera la advección desde la cabeza lagunar hacia el mar y durante mareas vivas se exporta hacia la plataforma Yucateca donde viaja por el fondo influenciando gran parte de la plataforma continental. Evidencia del alcance regional del agua hipersalina se registró el mismo año (2018) con mediciones de CTD una campaña oceanográfica cubriendo en su totalidad la plataforma Yucateca. Esta contribución presenta resultados pioneros de la hidrodinámica en Río Lagartos, cuyo comportamiento es probablemente similar a otras lagunas de la región, que pueden contribuir al aporte de agua cálida y salina al Golfo de México con frecuencia estacional.

OCC-13

## MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA LAGUNA DE JULUAPAN Y LA BAHÍA DE SANTIAGO, COLIMA FORZADA POR VIENTO Y MAREA

Reynoso Fregoso Santiago<sup>1</sup>, Velázquez Muñoz Federico Ángel<sup>1</sup>, Filonov Anatoliy<sup>1</sup> y Verduzco Zapata Manuel Gerardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara  
<sup>2</sup>Universidad de Colima  
santiago.reynoso@alumnos.udg.mx

En las zonas costeras existen procesos de alta variabilidad temporal que van del orden de horas hasta varios días y cuya acción tiene un fuerte impacto en la dinámica de los distintos trazadores que se encuentran en dichas regiones, tales como los sedimentos disueltos y suspendidos. Las lagunas costeras se definen como entradas de agua marina en tierra, que son poco profundas, están orientadas usualmente paralelas a la costa y separadas del océano por una barrera natural y conectadas por una o más entradas restringidas (Phleger 1969). Una laguna costera puede o no estar sujeta a mezcla por marea y su temperatura y salinidad puede variar entre la laguna costera y el océano dependiendo de su balance hídrico, el cual se compone del estado para un tiempo determinado más las entradas (precipitaciones, aportes subterráneos, descargas naturales tales como ríos descargas artificiales de aguas con o sin tratamiento) y salidas (evaporación, infiltraciones profundas, derivación a otras cuencas hidrográficas, consumo humano, salidas hacia el mar, etc.). Dentro de los forzamientos más importantes se encuentran la marea y el arrastre del viento, los cuales influyen principalmente en las corrientes costeras, determinando la distribución temporal y espacial de las sustancias y propiedades presentes. Conocer la influencia de estos forzamientos en la distribución de los trazadores en una región permite la toma de decisiones para el manejo adecuado de los recursos naturales. Para este trabajo se implementó un modelo numérico para el estudio de zonas costeras basado en el modelo de circulación oceánica POM (Princeton Ocean Model) el cual permite simular un amplio rango de problemas, desde procesos costeros de pequeña escala, hasta procesos globales y al cual se acopló un modelo de transporte de sedimentos, así como la capacidad de simular descargas de ríos y un módulo para el transporte de trazadores lagrangianos. Se presentan los resultados de una serie de simulaciones numéricas de la interacción entre la Laguna de Juluapan y la Bahía de Santiago en el estado Colima en respuesta a tres escenarios: 1) Forzamiento solo con viento, 2) Forzamiento solo con marea, 3) Forzamiento con viento y marea.

OCC-14

## CIRCULACIÓN SUPERFICIAL EN LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MEDIDA CON ESCATERÓMETROS OCEANOGRÁFICOS

Kurzczyn Robledo Jorge Alejandro<sup>1</sup>, Flores-Vidal Xavier<sup>2</sup>, Carsolio Priego Ernesto<sup>2</sup>, Flores Trujillo Juan Gabriel<sup>3</sup> y Pérez Morga Nancy<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Campeche - EPOMEX  
<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Baja California  
<sup>3</sup>Universidad Autónoma del Carmen  
jallexkur@uacam.mx

A partir del verano de 2018 se instalaron en la región dos escaterómetros oceanográficos, mejor conocidos como radares HF, para medir la circulación superficial al interior de Laguna de Términos, Campeche. De manera adicional durante Noviembre de 2018, se realizaron "arrastres" de ADCP en las bocas de la laguna para evaluar los flujos netos a través de las mismas, así como la interacción de las aguas de la laguna con el océano adyacente. Durante esa misma campaña se liberaron boyas de deriva equipadas con un sensor de temperatura y transmisión satelital. Los resultados obtenidos hasta el momento muestran un flujo de agua neto que entra por la boca este (Isla Aguada) y que parece salir por la boca oeste (El Zacatal). Dicho flujo con dirección sur-oeste se encontró pegado a la barra de arena donde se ubica Ciudad del Carmen (también conocida como Isla del Carmen), mientras que un contra flujo hacia el nor-este se observó más comúnmente del lado de Chacah (límite sur de la laguna). La circulación anterior genera un giro ciclónico en el centro de la laguna. Por otro lado, el viento parece modificar el esquema anterior; durante vientos moderados-intensos del norte la circulación de la laguna se compone de un flujo hacia el sur en la parte central y dos contraflujos hacia el

norte en los límites este y oeste respectivamente. Vientos intensos del este-noreste parecen estar relacionados con un flujo generalizado hacia el oeste, que algunas veces desarrolla un remolino anticiclónico que ocupa toda la laguna, y que parece estar relacionado con la acumulación de sedimento en esa región, lo cual es evidente también en las imágenes RGB de satélite. Los derivadores Lagrangeanos por su parte, en conjunto con las mediciones de ADCP, también mostraron una circulación típica estuarina en las bocas de conexión, con flujos de entrada por las regiones someras durante el pleamar y flujos de salida en las regiones profundas durante el bajamar.

OCC-15

### AMPLIFICACIÓN MAREAL INDUCIDA POR EL VIENTO EN UN ESTUARIO TROPICAL INVERSO

Tenorio Fernandez Leonardo<sup>1</sup> y Ramirez Monjaraz Marcela<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional - CONACYT<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur  
leonardo.tenof@gmail.com

La propagación de la marea dentro de los estuarios está controlada normalmente por el balance entre el gradiente de presión y las fuerzas friccionales ocasionadas por la batimetría de la cuenca o por sus restricciones físicas. Sin embargo, en algunos estuarios el esfuerzo del viento sobre la superficie del agua puede adquirir importancia e incluirse en este balance. Los objetivos de esta investigación son caracterizar la señal de marea, describir su propagación y evaluar la atenuación o amplificación de los componentes principales de la marea en la Ensenada de La Paz. La Ensenada de La Paz es un estuario inverso somero ubicado entre 24° 06' a 24° 10' N y 110° 18' a 110° 26' W, en La Paz, Baja California Sur, México. El estuario está separado de la Bahía de La Paz por una barrera de arena con una entrada en la parte oriental de la laguna. Se examinaron cuatro señales de la elevación de la superficie del agua durante 59 días, desde agosto hasta octubre de 2018. La marea se caracterizó como mixta, principalmente semidiurna. La señal diurna mostró un desfase de ~0.3 horas desde la boca hasta la cabeza norte y de ~0.6 horas hasta la cabeza sur. La señal semidiurna tuvo un desfase de ~0.45 horas desde la boca hasta la cabeza norte y de ~0.5 horas hasta la cabeza sur. La amplitud de los principales componentes diurnos y semidiurnos de la marea aumentó, aun cuando el estuario es un sistema restringido y poco profundo. La amplitud del componente principal semidiurno aumenta ~2% con respecto a la amplitud en la boca. La amplitud de los componentes principales diurnos aumentan ~8% desde la boca hacia las cabezas. La frecuencia natural de resonancia de la cuenca es de ~0.33 cph, mucho menor que la frecuencia diurna y semidiurna, por lo tanto, se descarta la posibilidad de que el aumento de la magnitud de estos componentes principales se deba a la resonancia de alguno de estos armónicos. Los resultados de las ondícula cruzadas (cross wavelets) entre las componentes zonal y meridional del viento y la señal del nivel superficial del agua, evidencian que la componente zonal es la que presenta mayor coherencia y la que está en fase con el nivel superficial del agua, tanto en la banda diurna, como en la semidiurna. De ahí que, se concluye que es la componente zonal del viento la que favorece el incremento de la amplitud del componente diurno y semidiurno de la marea.

OCC-16

### SOBRE LA CIRCULACIÓN, TRAYECTORIA Y DIFUSIÓN LAGRANGIANA DE PARTÍCULAS EN CUERPOS DE AGUA COSTEROS

Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>1</sup>, Carbajal Pérez Noel<sup>2</sup>,  
Obeso-Nieblas Maclovio<sup>3</sup> y Reyes Herrera Ezequiel Alejandro<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad de Colima, UCOL<sup>2</sup>IPICYT<sup>3</sup>CICIMAR

jgavinho@gmail.com

En cuerpos de agua, donde por las actividades comerciales, de infraestructura portuaria, turísticas, mineras, agrícolas, pesqueras y urbanas puede haber distintas fuentes de contaminación o riesgos de derrames de hidrocarburos, sustancias tóxicas o basura al medio marino, es importante el conocimiento de la circulación para poder predecir o conocer las trayectorias que pudieran seguir, y así poder efectuar medidas de prevención o mitigación en los lugares que pudieran ser afectados. Se presentan los resultados del seguimiento y difusión lagrangiana de partículas inmersas en la capa superficial del agua, de acuerdo a la circulación presente bajo las condiciones imperantes de marea y viento en varios cuerpos marinos como, la Bahía de Manzanillo (donde los resultados coincidieron con simulacros de derrames de hidrocarburos que ahí se efectúan), las lagunas de Cuyutlán, Juluapan, Nichupté- Cancún, Agua Brava, Altata. Se muestra como en lugares donde la profundidad es mayor a 10m, es importante el uso de modelos tridimensionales. Se muestra como usando superposición bases lineales de campos de circulación por viento y marea se puede calcular con buena aproximación la evolución temporal de la circulación que estaría presente bajo las condiciones reales de marea y viento durante la ocurrencia de una contingencia, reduciendo a un mínimo la capacidad necesaria de cómputo.

OCC-17

### TSUNAMI-INDUCED CURRENTS IN THE PORT OF ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Ortiz Huerta Laura Gabriela<sup>1</sup> y Ortiz Figueroa Modesto<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, IIO - UABC<sup>2</sup>CICESE

laura\_ortiz@uabc.edu.mx

The time evolution of the velocity field in and around the Port of Ensenada, induced by large distant tsunamis as produced by Mw 9.3 hypothetical earthquakes around the Pacific Ocean, is analyzed through the numerical modeling of distant tsunamis. The results indicate that tsunami-induced currents are 4 – 6 knots (~ 2 – 3 m/s) at the harbor entrance and 2 – 4 knots (~ 1 – 2 m/s) inside and outside the harbor. Low amplitude tsunamis, as well as the reverberance or coda of large distant tsunamis, may produce currents of 2 knots (~1m/s) along the harbor channel induced by the interaction of coastal and harbor seiches. Visual scrutiny of the resulting velocity field at time steps of one minute, as well as the mathematical concept of residual velocity, reveal transient eddies fed by flood and ebb currents that produce transversal currents by the harbor entrance. Currents induced by large distant tsunamis are practically negligible at depths greater than 120 meters (15 km offshore from the harbor). NOTA: Por favor considerar que esta ponencia está dirigida a la sesión de Oceanografía Costera, y NO a la sesión especial de Prevención de desastres por terremotos y tsunamis en México.

OCC-18

### ESTUDIO DE SENSIBILIDAD DE LAS FUERZAS DE MAREA, OLEAJE Y VIENTO EN EL TRANSPORTE DE OBJETOS EN DERIVA EN LAS COSTAS DE MANZANILLO, COLIMA

Padilla Huerta Jaquelinne Areli<sup>1</sup>, Enríquez Ortiz Cecilia<sup>2</sup> y Verduzco Zapata Manuel Gerardo<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad de Colima, UCOL<sup>2</sup>Facultad de Ciencias/ ENES-Merida, UNAM<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima  
jpadilla7@uacol.mx

Actualmente los plásticos son una problemática de interés mundial. Su alta durabilidad y resistencia a la degradación son propiedades que han permitido que hoy día representen el mayor porcentaje de basura marina. Estudiar el comportamiento de estas partículas es bastante complejo debido a los procesos fisicoquímicos e interacciones biológicas que tienen lugar en el mar. Sin embargo, comprender su distribución en el medio marino puede aportar información esencial para generar acciones de mitigación. Los modelos oceanográficos son herramientas que permiten estimar trayectorias de movimiento, posibles fuentes y zonas de acumulación de plásticos flotantes. Para esto se montó un modelo hidrodinámico acoplado al oleaje en Delft3D donde se utilizaron trazadores para simular objetos flotantes en puntos de interés, con el cual se evaluó la sensibilidad de las corrientes generadas por las fuerzas de viento, oleaje y marea, así como las posibles rutas de transporte de partículas conservativas en las bahías de Santiago-Manzanillo, ubicadas en Manzanillo, Colima. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un escenario forzado empleando los valores representativos de las variables en condiciones típicas de la zona de estudio. Se obtuvo que las corrientes generadas forman una serie de vórtices en las fronteras de las bahías, mismos que coinciden con las áreas donde se identificó que el transporte de los objetos boyantes se veía obstruido, acumulándose. Se argumenta la necesidad de estimar las variaciones de las corrientes en diferentes escenarios de oleaje y viento con el fin de evaluar los cambios que estas generan en las rutas de transporte, valorando la posibilidad de implementar esfuerzos para la erradicación de plásticos en los puntos más afectados de las bahías de Manzanillo.

OCC-19

### EL EFECTO DE UN ESPIGÓN EN LA DINÁMICA DE LA BOCA DE UNA LAGUNA COSTERA AL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Monreal Jiménez Rosalinda<sup>1</sup>, Carbajal Pérez Noel<sup>2</sup> y Contreras Tereza Victor Kevin<sup>3</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, PCT, UNAM<sup>2</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, PCML, UNAM  
rmonrealj@gmail.com

La línea de costa del sur del Golfo de México históricamente ha experimentado cambios en su morfología principalmente debido al intenso transporte de sedimentos originado por los vientos, olas, eventos hidrometeorológicos extremos, cambios antropogénicos como la construcción de estructuras, dragado y apertura de bocas y canales; así como, las características de la zona y sus sedimentos. En los últimos años también por el cambio en los patrones de vientos, corrientes y aumento en el nivel del mar, debido al cambio climático. El sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, localizado en las costas de Tabasco, ha experimentado cambios en su morfología, debido a los factores antes mencionados. Es un sistema lagunar de gran importancia por la acuicultura y la industria del petróleo. Actualmente el sistema está conectado al Golfo de México por dos bocas, la boca

de Santa Ana (natural) y la boca de Panteones (artificial). La apertura de la boca de Panteones provocó cambios físicos, químicos y ecológicos en el sistema; así como, tendencia al azolve de la boca Santa Ana. Para tratar de detener el cierre de la boca se colocaron, a fines de los 70s, espigones en ambos flancos de la boca. Hasta inicios del 2000 éstos cumplían con su objetivo. Posteriormente el régimen cambió, actualmente a pesar de la construcción y colocación de diversas estructuras de defensa, la boca de Santa Ana presenta azolve y erosión al oeste de ésta, donde se encuentra la Villa y Puerto Andrés Sánchez Magallanes. El objetivo del estudio fue modelar el transporte de sedimentos bajo la acción combinada del oleaje y las corrientes locales con dos configuraciones iniciales distintas; la primera con el rompeolas que se encuentra actualmente al oeste de la boca y la segunda sin éste. Se utilizó el modelo hidrodinámico MOHID al cual se acoplaron el modelo de oleaje SWAN y el modelo de viento GFS, para determinar el cambio en los patrones de sedimentación con y sin espigón. La importancia de este estudio radica en que en Sánchez Magallanes el mar ha erosionado la playa, ocasionando la entrada del mar más de 50 m tierra adentro de lo que se encontraba hace menos de 20 años. El modelo con el espigón, la configuración real, reproduce lo que se observa actualmente. Los resultados del modelo muestran marcados cambios en las zonas de erosión-depositación con y sin espigón. El espigón que se encuentra actualmente al lado oeste de la boca de Santa Ana es el responsable de la erosión que se presenta en la playa del poblado Sánchez Magallanes; sin embargo, de no existir, las zonas de depositación también cambiarían y el actual puerto sufriría azolve. Se debe buscar mediante el uso de la modelación una configuración óptima para evitar la erosión en el poblado y, que al mismo tiempo evite el azolve en la boca y el puerto.

OCC-20

### INCERTIDUMBRE EN LA PREDICCIÓN DE INUNDACIONES Y EROSIÓN COSTERA

Rutten Jantine<sup>1</sup>, Torres-Freyermuth Alec<sup>1</sup> y Puleo Jack A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería de la UNAM

<sup>2</sup>University of Delaware

jrutten@ingen.unam.mx

Uno de los mayores retos en la ingeniería de costas es la predicción de los impactos potenciales por tormentas severas, como inundación y erosión de la playa y las dunas. Actualmente, nuestra capacidad para realizar predicciones ha mejorado gracias al desarrollo de modelos numéricos. Sin embargo, la incertidumbre en las predicciones de inundación y erosión es comúnmente ignorada. La incertidumbre está asociada a la falta de conocimiento sobre los procesos físicos modelados, los datos de entrada en el modelo numérico (condiciones de contorno), y a la variabilidad inherente a un proceso en sí mismo (por ejemplo, la aleatoriedad del oleaje). Tradicionalmente los parámetros en los modelos numéricos son calibrados para ser ajustados a las mediciones. Sin embargo, es posible que diferentes combinaciones de valores de parámetros pueden conducir al mismo resultado y, por lo tanto, la elección del mejor conjunto de parámetros puede estar alejada de los valores reales. El presente trabajo estudia los diferentes tipos de contribuciones a la incertidumbre en la predicción del runup y la erosión de playas. Para ello, utilizamos el modelo numérico XBeach, en modo no-hidrostático, que resuelve la propagación del oleaje, la hidrodinámica, el transporte de sedimentos, y la evolución morfológica en áreas cercanas a la costa. Los resultados numéricos indican que al forzar el modelo con 100 realizaciones diferentes, asociadas con el mismo espectro de onda ( $H_s = 2.5$  m,  $T_p = 10$  s), los niveles de runup y setup varían de manera significativa. Asimismo, los cambios en el retroceso de la línea costa después de una tormenta de 8 horas difieren hasta en 3.5 m. Finalmente, se cuantificará la incertidumbre aleatoria y la incertidumbre relacionada a las parametrizaciones del modelo, así como su impacto combinado sobre la predicción en la inundación/erosión. Este estudio fue financiado por el CONACYT a través del proyecto Investigación Científica Básica 2016 (284430).

OCC-21

### VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LAS CELDAS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN BAHÍA TODOS SANTOS (B.C.) A TRAVÉS DE MEDICIONES MORFOLÓGICAS

Soto Aguilar Brianda Berenice y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia  
 Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
 berenice.soto@uabc.edu.mx

El transporte de sedimentos a lo largo de las costas puede presentar variaciones estacionales, asociadas a cambios en la dirección del oleaje incidente. En Bahía Todos Santos (Ensenada, B.C.) existen estudios previos que describen la existencia de diversas celdas de transporte longitudinal, sin embargo, no se conoce la magnitud de los flujos de transporte ni su variabilidad estacional. Este trabajo tiene como objetivo identificar las celdas de transporte de sedimentos a través del análisis de mediciones morfológicas colectadas mensualmente durante un año, para posteriormente definir su estacionalidad en función de los forzamientos hidrodinámicos. Para ello, se analizan las mediciones morfológicas mensuales a lo largo de ~14 km de la playa arenosa (topografías y batimetrías) y datos horarios de oleaje colectados con un ADCP (perfilador de corrientes acústico tipo Doppler) instalado a 20 m de profundidad. A partir del análisis de los datos morfológicos se

realizan balances sedimentarios mensuales y se obtienen diferencias volumétricas por estaciones del año. Por último, se realiza un análisis de funciones empíricas ortogonales para determinar la variabilidad volumétrica de toda la costa de estudio en relación a los flujos de energía del oleaje incidente.

OCC-22

### PROCESOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DURANTE LA FASE DE RECUPERACIÓN DE UNA PLAYA EN EL PACÍFICO MEXICANO

Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia<sup>1</sup> y Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Mérida  
 amaia@uabc.edu.mx

Entender los procesos involucrados en la recuperación natural de las playas es un tema fundamental para comprender si estos sistemas se encuentran en equilibrio dinámico y, por tanto, son resilientes a la erosión y la inundación. Las playas del noroeste de Baja California presentan una estacionalidad muy marcada; la sección subaérea contiene volúmenes de arena mínimos a finales del invierno (entre febrero y marzo) y máximos entre septiembre y octubre. La fase de recuperación de estas playas ocurre a partir de marzo, asociada a una disminución de la energía del oleaje incidente. Durante este periodo, la barra de arena submareal se acerca hacia tierra, hasta que consigue acoplarse a la orilla a finales de la primera, favoreciendo así la recuperación parcial o completa de la playa subaérea durante el verano. En este trabajo, se estudian los procesos de transporte de sedimentos durante la fase de recuperación de una playa ubicada en Bahía Todos Santos (Ensenada). En verano de 2016 y 2019 se realizaron campañas intensivas de una semana que capturaron la recuperación de la playa intermareal con un transporte neto diario de sedimentos hacia tierra. En ambas campañas, se colectaron mediciones puntuales de corrientes y de concentración de sedimentos en suspensión (a 8Hz durante 17 minutos) antes y después de la zona de rompientes y a lo largo de una sección de 200 m de playa. Estas mediciones permiten determinar flujos de transporte de sedimentos bajo diferentes condiciones de oleaje, viento local y marea, y entender la contribución de la energía incidente e infra-gravitatoria en el transporte de sedimentos a través del cálculo de momentos de la velocidad.

OCC-23

### EVALUACIÓN DEL OLAJE Y CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE SEDIMENTARIO EN CHENKAN, CAMPECHE

Hernandez Martinez Eder Andrei

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, EPOMEX  
 eder807@hotmail.com

En tres localidades de la zona costera del estado de Campeche, desde el 2015 se han estado recolectando datos de oleaje de manera continua mediante correntímetros acústicos (ADCP's) con la finalidad de corroborar la veracidad de los datos de oleaje estimados por el modelo Wave Watch III de la NOAA para las costas de Campeche. Se compararon los parámetros de altura significativa ( $H_s$ ), periodo ( $T_p$ ) y dirección del oleaje, de las observaciones en campo vs. los datos del modelo. Al sur del estado de Campeche cerca de la costa, los datos de altura mostraron una muy buena correlación (78%), los datos de periodo exhibieron una baja correlación (44%) y las direcciones de ola una muy pobre correlación (22%). Con el propósito de analizar el fenómeno del transporte de sedimento en las playas arenosas en la localidad de Chenkán, al sur del estado de Campeche, se ha estado instalando un ADCP acondicionado con sensores de turbidez, conductividad y temperatura, a ~200 m de la costa y a una profundidad de ~3 m, para caracterizar el oleaje, la corriente litoral, el nivel de mar, la cantidad de sólidos en suspensión, la temperatura y la salinidad del mar en la zona de estudio. Así mismo, se han estado recolectando muestras de sedimento y agua del fondo, para caracterizar la granulometría y la cantidad de sólidos totales disueltos, respectivamente. Las muestras de sedimento son tamizadas y clasificadas en el laboratorio, y mediante el programa de Sandy se calcula la estadística del tamaño de grano y los parámetros de textura. Las muestras de agua de fondo son filtradas en el laboratorio para obtener la cantidad de sólidos suspendidos totales, con el objetivo de transformar las observaciones del sensor de turbidez (adimensionales) a unidades de gramos por litro. Para caracterizar la tasa de transporte del sedimento en suspensión de la localidad, se realizaron simulaciones numéricas con el modelo GOTM (General Ocean Turbidity Model), el cual es un modelo de columna de agua unidimensional enfocado a estudiar los procesos hidrodinámicos y termodinámicos relacionados con la mezcla vertical en aguas naturales. Para evaluar el mecanismo de resuspensión de material en la zona de estudio, a partir de las observaciones in-situ, el modelo estima como la corriente litoral y el oleaje por medio de turbulencia, resuspende el material del fondo y obtiene una tasa de la capacidad de transporte de sedimento en el sitio de muestreo.

## OCC-24 PLÁTICA INVITADA

**ESTUDIOS DEL OLEAJE A PARTIR DE MEDICIONES CON BOYAS**

Ocampo Torres Francisco J., Osuna Pedro, Rasclé Nicolas,  
Díaz Méndez Guillermo, Pelaez Daniel y Larios Diego  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE  
ocampo@cicese.mx

El oleaje es uno de los fenómenos más visibles en el océano y representa uno de los aspectos más importantes en los procesos de interacción entre el océano y la atmósfera. Mientras adquiere su energía del viento que lo genera y lo hace crecer, una parte de esa energía la disipa induciendo turbulencia en la capa superior del mar y otra parte la disipa al llegar hasta las playas, en donde produce con su rompiente, algunos efectos en la costa y en su dinámica. Con el fin de entender su comportamiento y describirlo de la manera más completa y objetiva, comúnmente se realizan observaciones directas con sensores instalados en boyas. En este trabajo se describen detalles y algunos retos a los que nos enfrentamos para describir el oleaje y representarlo mediante el espectro direccional, una vez que se tienen observaciones de variables dinámicas relevantes con algunos sensores especializados. La información que se obtiene puede representarse en función de la frecuencia, pero al adoptar la representación direccional, se debe incorporar la forma de describir la dirección de propagación del fenómeno y sobre todo las características de su distribución direccional. A partir de la forma direccional del espectro, se establece una aportación potencial a turbulencia en la capa superficial del océano y se discute sobre la importancia del método para definir las características direccionales del oleaje en la influencia que se espera que tenga en la generación de la turbulencia. A partir de una variedad de observaciones directas se analiza el comportamiento del espectro direccional del oleaje y se estudia su influencia en los procesos de transferencia de momento entre el océano y la atmósfera, y se determina su potencial como fuente de energía.

## OCC-25

**EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL OLEAJE GENERADO POR CICLONES TROPICALES EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Appendini Christian, Ruiz Salcines Pablo, Ramirez Manguilar Ana y Meza Padilla Rafael  
Instituto de Ingeniería, UNAM  
cappendinia@iingen.unam.mx

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

## OCC-26

**CARACTERÍSTICAS DEL OLEAJE GENERADO POR EL HURACÁN HARVEY DURANTE SU PASO POR LAS COSTAS DEL SUR DE TEXAS**

Esquivel Trava Bernardo, García Nava Héctor y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia  
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO-UABC  
bernardo.esquivel@uabc.edu.mx

La información de oleaje medido por 6 perfiladores acústicos instalados a lo largo de la costa sur de Texas (entre Port Isabel y Port Aransas) es analizada durante el paso del huracán Harvey-2017. El huracán Harvey, después de cruzar la península de Yucatán y volverse a formar sobre la bahía de Campeche, se aproximó (con dirección noroeste) a las costas del sur de Texas como huracán categoría 1 (en la escala de vientos de huracanes Saffir-Simpson) el 24 de agosto a las 18:00 UTC. Posteriormente se intensificó rápidamente en huracán categoría 4 antes de tocar tierra a lo largo de la costa central de Texas (al norte de Port Aransas) el 26 de agosto a las 3:00 UTC. Cuando el huracán se encontraba a ~400 km de la costa (24 de agosto) se registraron, en todos los instrumentos, espectros de oleaje unimodales con alturas significantes (Hs) de ~5 m y periodos de ~12 s. Estos sistemas de olas, presumiblemente, son generados en la región de vientos máximos del huracán como se ha reportado en otros estudios. Conforme se acerca el huracán se observan

diferencias significativas entre los instrumentos situados al sur respecto a los del norte (enfrente de Port Aransas), donde se registraron Hs de ~11 m y periodos de 6 segundos, que corresponde al momento de que el huracán estaba por tocar tierra, mientras que en los instrumentos situados al sur la Hs disminuye a ~2 m. Sin embargo, se observan espectros bi- y trimodales en todos los sitios de observación. Adicionalmente se presentaron resultados sobre la disipación de la energía del oleaje al propagarse en aguas someras, al comparálas con observaciones en aguas profundas de la boya 42055 del Centro Nacional de Datos de Boyas (NDBC, por sus siglas en inglés), así como estimaciones del la deriva de Stokes.

## OCC-27

**CONDICIONES DE OLEAJE ASOCIADO A TORMENTAS LEJANAS EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC**

Ahumada-Sempoal Miguel-Angel<sup>1</sup>, Reyes Hernández Cristóbal<sup>1</sup>,  
Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup>, García Nava Héctor<sup>3</sup> y Esquivel Trava Bernardo<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>UMAR Campus Puerto Ángel  
<sup>2</sup>CINVESTAV-Merida, IPN  
<sup>3</sup>IIO, UABC  
ahumada@angel.umar.mx

Cada año la región costera del Pacífico sur de México (PSM) se ve afectada por las condiciones oceanográficas asociadas a niveles del mar y oleaje extremos producidos por ciclones tropicales. Aunado a lo anterior, existen fenómenos que no están asociados con tormentas locales, como el llamado "mar de fondo" que se caracteriza por condiciones de oleaje extremo que produce ahogamientos, erosión de playas e inundación costera ocasionando con ello pérdidas humanas y daños a infraestructura pública y privada. Aunque se ha aceptado que los eventos de mar de fondo en el PSM son debidos principalmente al oleaje generado por tormentas extratropicales del Hemisferio Sur (swell), aún no se sabe que combinación con otros procesos oceanográficos rigen la intensidad de estos eventos, y cuales condiciones generan mayor erosión de playas e inundación de poblados costeros al interactuar con la batimetría local. Un primer paso en esa dirección es la caracterización de los eventos de mar de fondo (frecuencia y duración), así como las características (altura significante, periodo, dirección) del oleaje que lo genera. Para el estudio del fenómeno de mar de fondo, actualmente se tiene instalado un ADCP sobre la plataforma continental del golfo de Tehuantepec, a la entrada de la bahía Tangolunda (15°45'37.2" N, 96°05'24.5" W) a una profundidad de ~25 m. Durante el periodo de muestreo (junio 2015 a julio 2017) el oleaje del sitio presenta dos comportamientos predominantes; uno corresponde a oleaje bimodal con oleaje de alta y baja frecuencia, vinculados a tormentas cercanas al área, y el otro corresponde a eventos de oleaje de altura relativamente grande (~2 m) con periodos considerablemente largos (~18 a 20 s) sin presencia de oleaje generado localmente. Estos últimos eventos son los que pueden generar episodios de mar de fondo. El análisis del registro de oleaje muestra que los eventos son relativamente comunes, con cerca de 13 eventos registrados, el más intenso durante finales de abril de 2016 con olas de 2.25 m y periodos cercanos a 20 s. Estas condiciones son las que pueden generar eventos muy destructivos y peligrosos, los cuales pueden exacerbarse dependiendo de las características fisiográficas y batimétricas de la costa al generar ondas infragravitatorias capaces de generar considerable inundación. El presente trabajo analiza dichos eventos y sus potenciales efectos en la costa.

## OCC-28

**EVALUACIÓN DEL USO DEL OLEAJE PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA BAHÍA DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**

García Nava Héctor<sup>1</sup>, Gorr Emiliano<sup>1</sup>, Esquivel Trava Bernardo<sup>1</sup>,  
Jaramillo Torres Melissa<sup>2</sup> y Ocampo Torres Francisco J.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC  
<sup>2</sup>CICESE  
hector.gnava@uabc.edu.mx

La demanda de energía eléctrica aumenta continuamente debido al crecimiento poblacional y a la tecnificación de las actividades cotidianas. Actualmente se considera a las fuentes de energía renovable como un componente clave para el abasto energético futuro y como un mecanismo de reducción de la contaminación asociada a la producción de energía eléctrica con métodos convencionales. En particular, el oleaje se visualiza como una fuente prometedora de energía limpia debido a su alta densidad de energía por unidad de área y a que naturalmente fluye hacia la zona costera donde puede ser aprovechado más fácilmente. Sin embargo, la mayoría de los desarrollos de dispositivos extractores de energía del oleaje se diseñan para sitios con oleaje relativamente alto lo que limita su utilización en regiones tropicales, predominantemente dominadas por oleaje moderado. En este trabajo se analiza y compara el rendimiento de dos tipos de convertidores en la Bahía de Ensenada y la zona aledaña. Para ello se realiza un análisis de la disponibilidad de energía del oleaje, con base en un análisis retrospectivo de los últimos 10 años, se simula la extracción de energía en diferentes sitios con los dispositivos Pelamis y Oyster2 y se examinan diferentes configuraciones de arreglos de dispositivos. De acuerdo con los resultados el área de estudio presenta sitios con aptitud para la

extracción de energía con los dispositivos analizados. El área tiene una potencia promedio moderada con una clara estacionalidad y un marcada variabilidad espacial causada principalmente por el efecto de sombra de la Isla Todos Santos. Ambos dispositivos extractores tiene un mejor rendimiento en la región sur. En la región Pelamis es más efectivo que Oyster2 aunque los gastos de instalación de Pelamis sean mayores puesto que se requiere de longitudes mayores de cable de transmisión para llegar a los sitios donde podría instalarse.

## OCC-29

### IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTURA DIGITAL NO COMERCIAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL OLEAJE MEDIANTE UN RADAR DE NAVEGACIÓN

Díaz Méndez Guillermo<sup>1</sup>, Pittman Randall<sup>2</sup>, León Guzmán Jacinto<sup>1</sup>, Ocampo Torres Francisco J.<sup>1</sup> y Haller Merrick<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CICESE  
<sup>2</sup>Oregon State University  
gdiaz@cicese.mx

Con una inversión aproximada de \$120,000 MXN en equipo, financiada por el Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano, se ha implementado un sistema de captura digital no-comercial que ha facilitado la operación de una estación terrestre para teledetección oceanográfica mediante un radar marino en el CICESE. El sistema ha sido desarrollado por personal de la Universidad Estatal de Oregon (EE. UU.) en colaboración con el de CICESE, y consiste de un servidor desarrollado en C++, Python y Matlab que gestiona la comunicación y el intercambio de información entre un radar Furuno FAR-2127, una tarjeta digitalizadora Cambridge Pixel HPX-400e y una computadora personal con sistema operativo Linux Mint. La estación se localiza dentro del campus del CICESE, a 600 m de la línea de costa y 100 m de altitud, lo que le permite registrar secuencias de imágenes de la superficie del océano en un radio de hasta 15 km cada 2.3 s. En este trabajo presentamos las características de la estación de radar marino del CICESE, las bondades de los sistemas que la conforman, así como algunas de sus principales limitaciones. Presentamos también los resultados de la serie de pruebas realizadas para la estimación de parámetros del oleaje en la bahía de Todos Santos, así como la evolución espacial del espectro de oleaje  $S(k_x, k_y)$  radmar y  $S(k, \theta)$  radmar estimada a partir de las observaciones registradas durante una campaña de mediciones realizada en agosto de 2019.

## OCC-30 CARTEL

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

Obeso-Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup> y Jiménez-Illescas Ángel Rafael<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, CICIMAR - IPN  
<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico de la Universidad de Colima  
mniebla@ipn.mx

Se describe la distribución termohalina superficial, vertical y el transecto Boca – Cabecera de la ensenada, durante septiembre (verano) de 2018 en condiciones climáticas normales. La temperatura muestra una columna bien mezclada con los valores máximos en la porción sur de la cabecera, mientras que los valores mínimos se registraron en la boca, superficialmente la temperatura aumenta desde la boca (29.8 °C) hacia la parte central sur (31.4 °C). La estructura vertical de la salinidad se puede apreciar mezclada con los valores máximos en la cabecera, entre tanto los valores mínimos se obtuvieron en la zona de la boca y el canal principal. Superficialmente la salinidad se incrementa desde la boca (34.9 gkg<sup>-1</sup>) hacia la cabecera (36.5 gkg<sup>-1</sup>). En la ensenada se pudo apreciar más densa la cabecera y menos densa la boca, completamente mezclada la columna del agua y superficialmente el valor máximo se localizó en la cabecera (22.6 unidades de sigma-t), con una disminución gradual hacia la boca con un valor mínimo de (21.9 unidades de sigma-t). El comportamiento de la densidad responde principalmente al efecto de la salinidad, en la cabecera se registró una mayor salinidad, mientras que la menor temperatura se midió en la boca, con mayor densidad en la región de la cabecera. La ensenada según la estructura termohalina se puede separar en dos grandes regiones: la boca con la zona del canal principal (comunicación con la Bahía de La Paz) y la cabecera con una amplia zona de inundación muy somera. Se muestra también la mayor inestabilidad vertical en temperatura, salinidad y densidad en la región central de la ensenada entre la cabecera y el canal principal.

## OCC-31 CARTEL

### RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO DE LA BRISA MARINA EN EL OCÉANO DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C.

Ibarra Romero Jorge Armando y Mateos Farfán Efraín  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
jorge.ibarra@posgrado.imta.edu.mx

La brisa es un fenómeno muy estudiado en diferentes regiones del planeta. Se ha estudiado analíticamente, mediante observaciones y usando modelos para describir

el fenómeno físicamente y dinámicamente. En la Bahía de Todos Santos se ha estudiado el comportamiento de los vientos superficiales y locales, por medio de estaciones meteorológicas. En estudios oceanográficos muestran que el viento sinóptico y la marea son forzamientos que contribuyen a la variabilidad de otros fenómenos como: las ondas internas, corrientes superficiales y transporte de agua. También se ha mostrado que la brisa marina es otro factor que aporta a la variabilidad de corrientes superficiales en la BTS. A falta de estudios oceánicos sobre la brisa marina, el presente trabajo pretende evaluar los mecanismos, la estructura espacial, temporal y la interacción de la brisa con el océano enfocado a frecuencias diurnas y semidiurnas de la Bahía de Todos Santos. Se realizarán dos experimentos para verano en la región de estudio. Donde se analizará la estructura de las corrientes mediante un modelo oceánico regional forzado con esfuerzos de viento sinóptico y un sistema acoplado forzado con esfuerzos locales. Se usarán anidamientos de tres mallas de diferentes resoluciones: una malla gruesa con 7 km de resolución, sobre la primera malla una fina de 2.3 km y sobre la segunda malla una local de 466 m.

## OCC-32 CARTEL

### VARIABILIDAD HIDROLÓGICA EN LA LAGUNA COSTERA HIPERSALINA RIO LAGARTOS, YUCATAN

Fitch Geymonat Brenda Natalia<sup>1</sup>, Enriquez Ortiz Cecilia<sup>2</sup> y Silva Casarín Rodolfo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ciencias/ ENES-Merida, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM  
nfitchg@gmail.com

Río Lagartos es una laguna costera ubicada en el estado de Yucatán, que limita con el Golfo de México. Es un estuario hipersalino muy alargado ( $L > 80$  km) con comunicación restringida al mar y una concentración de salinidad que oscila entre 35 y 147 ups. Ofrece servicios ecosistémicos a diferentes especies y desde 1979 es un área de reserva de la biosfera. Es el principal sitio de anidación regional para el flamenco rosado y alberga una de las industrias de sal más grandes del país. El objetivo de este estudio es conocer la variabilidad temporal y espacial de la salinidad en la laguna a través de mediciones in situ. Para ello, se instalaron 4 CTDs, de septiembre 2017 a octubre 2018, en las principales cuencas de la laguna donde se recopilaron datos de conductividad, temperatura y presión, cada 10 minutos. Los resultados del análisis de datos mostraron que desde la primer angostura la marea está fuertemente atenuada en la laguna. Se encontró que el nivel de agua en la región de la boca de la laguna es superior al de la zona de la cabeza lagunar, de octubre a febrero; posteriormente se observa una inversión del gradiente del nivel de agua que refleja una salida del agua, de mayo a octubre. Por lo tanto, la laguna importa agua de mar durante los meses secos, perdiendo agua a la atmósfera por evaporación y aumentando así la concentración de sales; y exporta agua hipersalina durante la temporada de lluvias, presumiblemente forzada por un aumento del nivel de agua continental en el sustrato kárstico. También encontramos que la salinidad tiene un amplio rango de diferencias entre cada una de las cuencas en la laguna, no modulado por marea, con un aumento muy importante hacia la cabeza.

## OCC-33 CARTEL

### VARIACIÓN DE ALTA FRECUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL FONDO DEL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

González Ana Laura<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup> y Moreles Vázquez Luis Efraín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Ciencias de la Tierra  
<sup>2</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM  
<sup>3</sup>Ciencias del mar y limnología, UNAM  
ana.laura.a.gonzalez@gmail.com

El Sistema Arrecifal Veracruzano se encuentra localizado en la plataforma continental del Golfo de México, en la costa del estado de Veracruz. La temperatura es uno de los principales factores ambientales que afectan a los arrecifes coralinos llevándolos incluso a su muerte -o blanqueamiento- si se excede su límite termal por un periodo prolongado de tiempo. Los arrecifes de coral son ecosistemas que albergan una gran diversidad de vida marina, contribuyen a la conectividad entre otros ambientes marinos, crean barreras naturales que protegen las zonas costeras de la erosión provocada por el oleaje, también contribuyen a la pesca y al turismo por lo que su valor ambiental es muy elevado. Se analizan datos de temperatura tomados de termistores colocados a diferentes profundidades en la columna de agua, así como datos de temperatura de un corrientímetro. Se aplican filtros a las series de temperatura con el propósito de obtener la variación de temperatura en distintas frecuencias y se determinan las frecuencias altas que predominan en la región haciendo uso de los análisis de Fourier, Multitaper y Wavelet. El análisis se lleva a cabo para los años de 2008 a 2013 obteniéndose como resultados que las oscilaciones de temperatura en el fondo de alta frecuencia tienen periodos entre 24 y 60 horas, con mayor energía alrededor de las 36 horas por lo cual las variaciones de alta frecuencia en general no son causadas por las brisas ni la marea, siendo probable que estén asociadas a oscilaciones inerciales.

## OCC-34 CARTEL

**CARACTERIZACIÓN DE LOS TSUNAMIS QUE AFECTARON LAS COSTAS MEXICANAS EN EL PERÍODO 2009-2018**

Trujillo Rojas Katia Denis<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Zarza Alvarado Miriam Arianna<sup>2</sup>, Hernández Maguay Felipe<sup>2</sup>, Gómez Ramos Octavio<sup>2</sup> y Gutiérrez Quijada Sergio Valente<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESIA Unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra

<sup>2</sup>Servicio Mareográfico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México  
kaatdenise@gmail.com

Se analizan los tsunamis registrados instrumentalmente en las costas de México entre los años 2009 y 2018. Se presentan 11 eventos de tsunamis incluyendo eventos de origen local, regional y lejano, para los cuales hay 54 registros, siendo cada registro la observación de un evento de tsunami en un sitio en que hay una estación mareográfica del Servicio Mareográfico Nacional (SMN). Se analizó la variabilidad del nivel del mar para cada evento en cada sitio. Todos los eventos registrados fueron producidos por fuentes sísmicas. Se obtuvieron las amplitudes, frecuencias dominantes y tiempos de decaimiento se analizó la recurrencia de estos comportamientos obteniendo así las características más importantes de los tsunamis ocurridos y el comportamiento que se esperaría de futuros tsunamis en las costas mexicanas.

## OCC-35 CARTEL

**EFFECTO DE LA DEGRADACIÓN DE UN ARRECIFE EN LOS PROCESOS COSTEROS E INUNDACIÓN EN EL CLIMA PRESENTE Y FUTURO**

Franklin Gemma Louise<sup>1</sup>, Torres-Freyermuth Alec<sup>2</sup> y Rendón Valdez Camilo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, CONACYT-UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
gfranklin@iingen.unam.mx

Los arrecifes ofrecen protección natural de la costa ante eventos extremos a través de la disipación de la energía del oleaje por rotura y disipación del fondo. Sin embargo, a lo largo de los últimos años se han degradado debido a efectos antropogénicos y asociados al cambio climático. Para evaluar el efecto de la degradación de un arrecife en los procesos costeros e inundación se diseñó un modelo físico idealizado. El modelo fue instalado en un canal de oleaje de 40 m de largo, 2 m de altura y 0.8 m de ancho en el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la Unidad Académica Sisal del Instituto de Ingeniería de la UNAM. El canal está equipado con un generador de oleaje unidireccional. Se obtienen mediciones en 20 posiciones a lo largo del canal. El estudio incluye escenarios con un fondo liso, con y sin una cresta arrecifal, y con y sin rugosidad. Para evaluar el clima actual y futuro valores del aumento de nivel reportados por El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) para el año 2100 fueron empleados (IPCC, 2007). Mediciones de runup permiten evaluar los efectos de la degradación en la inundación de playas. Asimismo, fueron evaluados escenarios con dos anchos de laguna arrecifal. Se analiza el efecto de los diferentes morfologías, rugosidad y niveles de agua en la inundación costera. Los resultados de los experimentos físicos son comparados con la parametrización del R2% reportada en estudios para playas y una nueva parametrización obtenida por el método de Machine Learning (ML) o Aprendizaje Automático. Apoyo para este trabajo fue recibido por medio de una beca posdoctoral del Programa de Becas Posdoctorales UNAM-DGAPA, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, y del CONACYT (Programa Cátedras; Proyecto 1146).

## OCC-36 CARTEL

**VARIABILIDAD DE LA LÍNEA DE COSTA EN LA ESCALA INTERANUAL Y DIARIA**

Arriaga García Jaime Alonso, Mendoza Ernesto Tonatiuh y Ojeda Elena  
Instituto de Ingeniería UNAM - CONACYT, II  
jarriagag@iingen.unam.mx

Los sistemas de video monitoreo han sido de gran utilidad para mejorar el entendimiento de la dinámica de las playas gracias a la alta resolución espacio-temporal y el tamaño de playa que son capaces de medir. En el 2012 se instaló un sistema en una playa dominada por brisas (Sisal, Yucatán) el cual ha capturado imágenes de manera continua en un espacio de 2km y ha obteniendo imágenes promedio cada media hora (al menos 20 por día, véase <http://tepeu.sisal.unam.mx/video-sisal/images.jsp>). A través de transformaciones geométricas, inferidas a partir de puntos de control, se pueden obtener mediciones confiables de diversas características costeras. La posición de la línea de costa se define a partir de la intersección del agua con la playa seca que se identifica a través de algoritmos de procesamiento de imágenes. Sin embargo, la marea y la sobre elevación del agua relacionada a la rotura del oleaje requiere una corrección de la línea de costa. Para ello, se usarán las observaciones de oleaje, viento, y marea disponibles en el observatorio costero del sureste (<http://ocse.mx>). Una vez corregidas las líneas de costa, se integraran para obtener el ancho de playa. Además, se estudiará el comportamiento 3D de la línea de costa, i.e. presencia de cúspides y mega-cúspides. Es necesario conocer la variabilidad de estos rasgos

(ancho y comportamiento 3D) en una escala temporal de días para evaluar la capacidad de recuperación de la playa a eventos energéticos así como para ampliar el escaso conocimiento de cúspides y mega-cúspides en playas dominadas por brisas marinas. Agradecemos al programa de cátedras CONACYT (Proyecto 1146) por el apoyo recibido.

## OCC-37 CARTEL

**#180 EN OTOLITOS DE STELLIFER LANCEOLATUS: CAMBIO AMBIENTAL EN LAGUNA DE TÉRMINOS DURANTE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS**

Dorantes Hernández José Manuel<sup>1</sup>, Aguiñiga García Sergio<sup>2</sup>, Torres Rojas Yassir Edén<sup>3</sup>, Sánchez Gonzáles Alberto<sup>3</sup>, Hernández Herrera Agustín<sup>3</sup>, Jakes Cota Uliano<sup>3</sup>, Obeso-Nieblas Maclovio<sup>3</sup> y Llado Cabrera Dayli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional - CICIMAR, IPN-CICIMAR

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR-IPN

<sup>3</sup>EPOMEX-UAC

dorantesjp@gmail.com

Estudios previos en Laguna de Términos, Campeche (LT), han demostrado cambios en los productores primarios y en la ictiofauna dominante en los últimos 30 años. El objetivo del presente estudio es utilizar otolitos de *Stellifer lanceolatus* como registros de temperatura y salinidad del mar en la escala espacio-temporal para conocer el hábitat en el que los peces se desarrollan durante su ciclo de vida. Con base en una colección de otolitos colectados en 1997, 2007 y 2017. El equilibrio del #180 del otolito y el agua de mar coincide para los años estudiados indicando que los otolitos de *S. lanceolatus* son registros ambientales fidedignos dentro de LT. El análisis estadístico de ANOVA en los valores #180 de 46 bandas externas vs. 62 otolitos completos de *S. lanceolatus* no muestra diferencias estadísticas ( $p = 0.1$ ), por lo que se consideró el #180 del otolito completo como representativo de la variabilidad anual para un área específica dentro de LT. Los valores promedio de temperatura y salinidad de registros históricos en LT, evidencia un incremento de 27°C a 29°C, y 27 UPS y 31 UPS en el periodo de 1997 a 2017. Los valores promedio de #180 en *S. lanceolatus* son consistentes con el patrón de incremento del aporte de agua del río Palizada con una descarga en su caudal en el año 2013 de 291 m<sup>3</sup>/s/año en LT. Nuestros resultados evidencian que el #180 de los otolitos de *S. lanceolatus* son proxies fidedignos de la variabilidad de la temperatura y condiciones estuarinas de LT.

## OCC-38 CARTEL

**ANÁLISIS DE LA HIDRODINÁMICA ALREDEDOR DE PLACAS SUMERGIDAS DISEÑADAS CON FINES DE PROTECCIÓN COSTERA Y EXTRACCIÓN DE ENERGÍA**

Verduzco Zapata Manuel Gerardo<sup>1</sup>, Ocampo Torres Francisco J.<sup>2</sup>, Gutiérrez Acosta Raúl<sup>1</sup>, Torres Orozco Ernesto<sup>3</sup> y Hernández López Julieta<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Colima

<sup>2</sup>CICESE

<sup>3</sup>UTEM

verduzco.uco@gmail.com

Un rompeolas tipo placa proporciona una zona de protección al disipar o bloquear la energía del oleaje mediante su rompimiento, la generación de vórtices y la interferencia debida a un flujo pulsante formado debajo de la placa. Este pulso también puede usarse como fuente de extracción de energía, por lo que en este trabajo se probaron tres prototipos para evaluar su eficiencia para generar dicho flujo, conformados por 1) una placa sólida (SP); 2) una placa con un espacio interior con una restricción hidráulica en la sección central (VTP); y 3) una placa con un espacio interior con una sección con pendiente positiva en la parte inferior del extremo posterior de la placa (PSP). Se simularon diferentes escenarios de oleaje y dimensiones de los prototipos, utilizando el modelo numérico FLOW-3D. Los resultados mostraron que los tres tipos de placas indujeron el flujo pulsante, sin embargo, la estructura PSP colocada a una profundidad del 18% de la columna de agua, tuvo la menor transmisión de energía de las olas aguas abajo, por lo que se estima es la más adecuada para ser utilizada como estructura de protección costera.

Sesión regular

# **OCEANOLOGÍA**

Organizador:

Ismael de Jesús Mariño Tapia

## OCE-1

## VARIACIÓN ESPACIAL DE DIATOMEAS EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA TEHUA IV, SEPTIEMBRE DE 2006

Flores Correo Carolina<sup>1</sup>, Esparza Alvarez María Auxilio<sup>1</sup>, Hernández Becerril David Uriel<sup>2</sup> y Becerril Bobadilla Francisco Javier Ulises<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, UMAR

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
carolina.cf@gmail.com

Para el Golfo de Tehuantepec, del análisis de muestras de red (54 µm) tomadas del cinco al ocho de septiembre de 2006, se determinó la variabilidad espacial de las Diatomeas y la asociación característica con la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y Clorofila a, basados en la composición de especies (riqueza, diversidad, dominancia y equitatividad) y la abundancia relativa. La riqueza de la zona para este periodo de muestreo estuvo constituida por 63 taxa distribuidas en 30 géneros; los más abundantes fueron: *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia*, *Asteromphalus*, *Actinocyclus*, *Azpeitia* y *Thalassiosira*. Treinta especies contribuyeron a la matriz del 75% de abundancia relativa. Su orden de contribución fue: *Azpeitia nodulifera*, *Fragilariopsis doliolus*, *Ditylum brightwellii*, *Coscinodiscus marginatus*, *Actinocyclus senarius* y *Cyclotella litoralis* que correspondieron a un escenario oceanográfico de TSM cálidas de 28.9-30 °C, profundización de la termoclina y bajas concentraciones de Clorofila a (0.1-0.4 mg m<sup>-3</sup>). En orden de mayor abundancia fue presentado por *Az. nodulifera*, *D. brightwellii*, *F. doliolus*, *Actinocyclus curvatus*, *Talassiosira eccentrica* y *Rhizosolenia bergonii*. Se dividió al Golfo de Tehuantepec en tres áreas con base en las concentraciones de Clorofila a: 1) NW con alta riqueza y diversidad, representado por: *D. brightwellii*, *Ac. senarius*, *T. eccentrica* y *R. bergonii*; 2) parte media: *Az. nodulifera*, *D. brightwellii* y *F. doliolus* como las especies que más contribuyeron a la comunidad de diatomeas y 3) NE, sin similitud en sus asociaciones, ni entre las asociaciones de las otras áreas, además que presentó el mayor índice de dominancia. En esta zona, *Az. nodulifera* fue la especie con mayor aportación a la dominancia, seguida de: *D. brightwellii*, *F. doliolus* y *A. curvatus*. En general, *Az. nodulifera*, *F. doliolus*, *D. brightwellii*, *C. radiatus*, *Ac. senarius*, *A. curvatus*, *T. eccentrica* y *R. bergonii* fueron las especies de diatomeas asociadas a las condiciones oceanográficas prevalecientes: aguas cálidas, bajas concentraciones de Clorofila a y una columna estratificada.

## OCE-2

## FLUJO DE CARBONO EN UN ESCENARIO DE BAJA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y LA INFLUENCIA DE LOS CICLONES TROPICALES EN BAHÍA DE LA PAZ

Aguirre Bahena Fernando<sup>1</sup>, Lara Lara Ruben<sup>2</sup>, Pérez Burguez Mara Y.<sup>3</sup>, González Rodríguez Eduardo<sup>3</sup>, Muthuswamy Ponniah Jonathan<sup>4</sup>, Morales García Sandra Soledad<sup>5</sup> y Tenorio Fernández Leonardo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR)

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)

<sup>4</sup>Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIEEMAD)

<sup>5</sup>Centro Mexicano para la Producción más Limpia del Instituto Politécnico Nacional (CMP+L)

<sup>6</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional - CONACyT  
faguirre@ipn.mx

Con más de 250 muestras de la materia particulada en hundimiento colectadas de 2002 a 2012 se documentó la variación de su magnitud y composición y se identificó el patrón estacional y la variabilidad interanual. Este estudio se llevo a cabo mediante la instalación y recuperación (en 25 cruceros oceanográficos) de una trampa de sedimentos (TS) automatizada en la zona más profunda (>400 m) de Cuenca Alfonso. Esta depresión de origen tectónico (ubicada al norte de Bahía de La Paz) se caracteriza por presentar corrientes de muy baja magnitud y condiciones hipóxicas (<1 mL/L) por debajo de los 150 m de profundidad. Debido a que la TS (Technicapp® PPS/3) se ubicó a 300 de profundidad y 100 m del fondo marino las condiciones fueron adecuadas para estudiar la sedimentación de los agregados de "Nieve marina". A pesar de que no se observó un patrón estacional evidente los flujos de masa total (FMT) y carbono orgánico (fCorg), fueron usualmente más altos en otoño-invierno, con valores promedio de 0.82 y 0.049 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, respectivamente. En contraste, durante la primavera-verano éstos fueron de 0.45 y 0.039 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. En este mismo periodo, muy ocasionalmente, se registraron flujos (de todos los componentes excepto del Silicio biogénico) cercanos a cero, particularmente en junio y julio. En algunos años (H, Ignacio y Marty en 2003, y H. Henriette en 2007) se cuantificó el impacto de los ciclones tropicales que arriban a la bahía. Aunque el impacto es de naturaleza muy puntual, sus efectos son drásticos, así el FMT y fCorg alcanzaron valores promedio de 2.99 y 0.121 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. Esto significaron incrementos en el FMT por un factor de entre 3 a 6 respecto al periodo primavera-verano y otoño-invierno, respectivamente. Estos factores de incremento son de 2.5 a 3 para el caso del fCorg. Ahora, después de cuatro años sin información, se instaló una nueva TS (McLane® PARFLUX MARK 78H21) en 2016 y se recuperó, con 21 muestras, en 2017. Los datos recientes revelan un periodo largo con FMT mínimos de 73x10<sup>-6</sup> g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, que se extendió desde febrero hasta septiembre 2017. El resto del tiempo los FMT y fCorg tuvieron valores de 0.40 y 0.034 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. Los flujos bajos se interrumpieron con la llegada de la tormenta "Lidia" el 1° de

septiembre de 2017. Los FMT y fCorg se incrementaron a 1.32 y 0.061 g m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. Los datos satelitales registraron anomalías positivas de temperatura del mar ("Blop") de 4°C que inició en 2014, coincidentes con anomalías negativas de clorofila (~1 mg m<sup>-3</sup>) asociadas a un periodo cálido en el que inició en 2014. En 2019 se recuperará otra serie de muestras que permitirá determinar si este evento de flujos bajos fue excepcional o el inicio de un nuevo y más intenso patrón estacional de la materia en hundimiento.

## OCE-3

## OBSERVACIONES SATELITALES DE CLOROFILA, TEMPERATURA SUPERFICIAL Y VIENTO EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA

Tanahara Romero Sorayda Aime, Zolorzano Fimbres Abraham, Martínez Alcalá José Antonio, Martín Atienza Beatriz y Lugo Ibarra Karina del Carmen  
Universidad Autónoma de Baja California, UABC-FCM  
stanahara@uabc.edu.mx

Las costas del Pacífico Nororiental son una de las zonas de surgencia más importantes a nivel mundial, dicha región incluye la costa occidental de la península de Baja California. En este trabajo, se analizan observaciones de satélite de temperatura superficial del mar, concentración de clorofila y viento, para explorar algunos de los factores que afectan la ocurrencia e intensidad de las surgencias costeras en la región. Se presenta un análisis estadístico de las variables anteriormente mencionadas utilizando los datos de percepción remota de nivel 4 (sin nubes) de los programas COPERNICUS (2003-2017) y GEKCO (2000-2018), todas las variables son interpoladas a una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup>. A partir de imágenes diarias se generan climatologías, mensuales y estacionales, así como sus respectivas desviación estándar, máximos y mínimos. Adicionalmente se generan imágenes con las anomalías mensuales para los años 2013 a 2016, identificado como un periodo anómalo a lo largo de la serie de tiempo estudiada en el presente trabajo.

## OCE-4 PLÁTICA INVITADA

## OCEANOGRAFÍA FÍSICA CONTEMPORÁNEA: DRONES MARINOS Y SATÉLITES

Gómez Valdés José<sup>1</sup>, Vázquez-Cuervo Jorge<sup>2</sup>, Miranda Luis E.<sup>1</sup>, Gentemann Chelle<sup>3</sup>, Bouali Marouan<sup>4</sup>, Van der Stocken Tom<sup>5</sup> y Tang Wenqing<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
<sup>2</sup>Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology  
<sup>3</sup>Earth and Space Research  
<sup>4</sup>University of Sao Paulo  
jgomez@cicese.mx

En 2018 se publicó mucho sobre observaciones y modelos numéricos de alta resolución en los océanos dando pie a lo que sin duda será la primera revolución en oceanografía física del siglo XXI. En este trabajo, presentamos los resultados más importantes de un par de artículos recientemente aceptados en las revistas *Remote Sensing* y *Bulletin of the American Meteorological Society* sobre observaciones de alta resolución usando un dron marino (Saildrone) y varios satélites. El vehículo autónomo no tripulado Saildrone es impulsado con energía eólica y solar, transporta equipo oceanográfico y meteorológico capaz de tomar mediciones de alta resolución (1 minuto) en la interface océano-atmósfera. La campaña "Saildrone Baja" consistió de un crucero de 60 días de duración llevada a cabo del 11 de abril al 11 de junio de 2018. El crucero inició en la Bahía de San Francisco y recorrió las costas de California y Baja California hasta alcanzar la Isla de Guadalupe y regresar de ahí al punto de partida. Para validar datos de la temperatura de la superficie del mar (SST, por sus siglas en inglés) y datos de la salinidad de la superficie del mar (SSS, por sus siglas en inglés) derivados de satélite, usamos datos de SST y SSS derivados de un CTD empotrado en la quilla del Saildrone. Más específicamente, se calcularon los sesgos y las diferencias de la raíz cuadrática media (drmc) entre los datos de SST derivados de Saildrone y los datos de SST derivados de satélite de seis conjuntos de datos abiertos (MUR, OSTIA, CMC, K10, REMSS, DMI); de igual manera, se calcularon esos parámetros entre los datos de SSS derivados de Saildrone y los datos de SSS derivados de satélite de tres conjuntos de datos abiertos (JPLSMAP, RSS40, RSS70). El significado de los acrónimos y los conjuntos de datos abiertos se pueden encontrar vía internet. Los sesgos entre SST derivados de Saildrone y OSTIA/CMC/DMI fueron aproximadamente cero mientras que MUR mostró un sesgo de 0.3°C. OSTIA mostró la drmc más pequeña de 0.39°C mientras que DMI tuvo la drmc más grande 0.5°C. Una drmc de 0.4°C entre SST derivada de Saildrone y SST derivada de satélite se puede explicar por la variabilidad diaria de los datos de Saildrone que en la actualidad no puede ser resultado por los satélites. Con respecto a la SSS, valores del producto JPLSMP mostraron sesgos de mayor salinidad de 0.1 UPS, mientras que los productos RSS40 y RSS70 mostraron sesgos de menor salinidad de 0.2 y 0.4 UPS respectivamente. Igual que para SST, encontramos que una drmc de 0.4 UPS se puede explicar por la variabilidad diaria de los datos de Saildrone que en la actualidad no puede ser resultado por los satélites. Además, calculamos las pendientes espectrales en el dominio de la longitud de onda de los datos de SST y SSS, y las discutimos en términos de las escalas de movimiento y las teorías de la turbulencia de los océanos.

## OCE-5

## VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LAS MASAS DE AGUA EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, PACÍFICO ORIENTAL

Ahumada-Sempoal Miguel-Angel y Reyes-Hernández Cristóbal  
 Universidad del Mar, UMAR  
 ahumada@angel.umar.mx

Se analizan las características de las masas de agua presentes sobre la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec y de los primeros 1000 m de profundidad en la zona oceánica adyacente a partir de datos de CTD obtenidos en ocho cruces oceanográficos realizados entre 2004 y 2010 por la Secretaría de Marina-Armada de México con participación de la Universidad del Mar. La meta de este trabajo es discutir las diferencias en la estructura hidrográfica del área de estudio en relación a las temporadas de estiaje y lluvias, así como el papel que juegan las corrientes marinas del Pacífico oriental en la presencia de las masas de agua. Los resultados preliminares muestran, para ambas temporadas, una columna de agua compuesta de al menos tres capas: (1) una capa superficial relativamente mezclada no mayor de 70 m; (2) una termoclina entre ~70 y ~150 m; y (3) una capa profunda a profundidades mayores de ~150 m. La masa de agua superficial presenta temperaturas mayores de 25°C y salinidades menores de 34.40, relacionadas con agua subtropical superficial (TSW). La masa de agua subsuperficial presenta temperaturas cercanas a 13°C y un máximo relativo de salinidad de 34.7-35.0, asociadas con agua subtropical subsuperficial (STUW o StSsW). Finalmente, la masa de agua intermedia presenta temperaturas entre 6.0 y 10.4°C y salinidades entre 34.54 y 34.66, relacionadas con agua intermedia antártica (AAIW). Como se esperaba, debido a su posición en la columna de agua, las características termohalinas de la masa de agua superficial son las más variables como resultado principalmente de los flujos locales de calor, precipitación y descargas fluviales. También se observan marcadas diferencias de salinidad entre la región este y oeste del golfo. La variabilidad estacional de la STUW, por otro lado, parece estar relacionada con los patrones de circulación regional. Por último, aunque la AAIW no presenta cambios termohalinos importantes posiblemente varíe en volumen. De acuerdo con estudios previos, la TSW es transportada hacia la margen continental de Centroamérica por la Contra-Corriente Nor-Ecuatorial y posteriormente hacia el golfo de Tehuantepec por la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR). La STUW, por otro lado, es transportada hacia la margen continental de Centroamérica por la Contra-Corriente Subsuperficial del Norte (o Corriente Tsuchiya del Norte) y posteriormente hacia el golfo en la parte baja de la CCCR. La ruta que sigue la AAIW hasta alcanzar el golfo de Tehuantepec es menos clara.

## OCE-6

## MODELADO ESTADÍSTICO DEL PERFIL DE LA TEMPERATURA DEL MAR CARIBE MEXICANO

Tobal Cupul Jessica Guadalupe<sup>1</sup>, Castillo Leal Gladys<sup>1</sup>, Gómez García Héctor Fernando<sup>1</sup>, Bárcenas Granier Juan Francisco<sup>1</sup> y Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad del Caribe, UCaribe  
<sup>2</sup>CINVESTAV Mérida  
 140300172@ucaribe.edu.mx

Con el fin de utilizar la diferencia de temperatura en el océano para fines científicos o energéticos se necesita estimaciones del perfil de la temperatura con una resolución espacial alta, dichas estimaciones no se encuentran disponibles en las bases de datos internacionales. El objetivo de esta investigación fue ajustar un modelo estadístico de la temperatura del Mar Caribe mexicano a diferentes profundidades dentro del polígono de interés (Lon1=-85.875 E, Lat1= 22.00 N, Lon2=-87.560 E, Lat2=18.20) hasta los 1000 m de profundidad, tomando los datos de 664 lances de los años 1981 a 2018. Se obtuvo un modelo polinomial que utiliza como predictores la latitud, la longitud, el mes, la temperatura del agua superficial y la profundidad. En una primera validación con datos de organismos internacionales el promedio del valor absoluto del error del modelo fue de 0.8534 °C. Las aplicaciones inmediatas de este estudio son elaborar mapas de gradiente térmico con mayor definición espacial que los datos reticulados actuales, además de ser de utilidad para la localización de sitios potenciales para la instalación de plantas OTEC en el Mar Caribe mexicano. Actualmente esta en proceso otra validación realizada con 20 lances CTD del Crucero Oceanográfico CEMIE1 llevado a cabo entre los días 29 de abril al 3 de mayo de 2019 en los alrededores de la Isla de Cozumel en el B.O. Justo Sierra.

## OCE-7

## ESTRUCTURA DE LA CONTRACORRIENTE SUBSUPERFICIAL FRENTE A BAJA CALIFORNIA OBSERVADA EN JUNIO DE 2017

Velayarce Bazán Marco Antonio<sup>1</sup>, Gómez Valdés José<sup>1</sup> y Torres Gutiérrez Héctor Salvador<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology  
 velayarce@cicese.edu.mx

La Contracorriente Subsuperficial de California (contracorriente, en lo sucesivo), componente del Sistema de Corrientes de California, fluye hacia el polo a lo largo del talud continental transportando aguas cálidas, saladas y con bajo contenido

en oxígeno. Durante su trayecto hacia el polo presenta variaciones termohalinas y dinámicas importantes, por ejemplo, separaciones del talud que la desestabilizan dando lugar a la formación de remolinos subsuperficiales. Uno puede encontrar en la literatura muchas citas sobre ella referentes a la región frente a Baja California, sin embargo, en su mayoría se refieren a estudios de baja resolución espacial. El presente trabajo tiene como objetivo reportar que en una campaña de alta resolución espacial y temporal realizada en junio de 2017 frente a Baja California (28°N-31°N), usando el Buque Oceanográfico Alpha Hélix, pudimos dilucidar la estructura de la contracorriente a lo largo del talud. Durante el tiempo del crucero, los movimientos balanceados dominantes derivados de altimetría satelital fueron un dipolo de mesoescala en la parte central y sur del área de estudio y un flujo hacia el polo cerca de la costa en la parte norte. El transporte promedio de la contracorriente fue de 0.86 Sv. A lo largo del talud, la contracorriente tuvo los siguientes cambios: la extensión vertical varió entre 175 m y 220 m, la extensión horizontal varió entre 24 km y 36 km, y la velocidad fue de 0.13 m/s en el sur y 0.38 m/s en el norte. La alta velocidad en la parte norte se puede explicar como la suma del flujo geostrofico derivado de satélite y la contracorriente. El flujo geostrofico superficial hacia el polo fue generado por una relajación del patrón de vientos de surgencias costeras. La masa de agua de la contracorriente fue identificada como Agua Ecuatorial Subsuperficial, sus valores característicos variaron de sur a norte, de 11°C y 34.5 UPS en el sur a 10°C y 34.4 en el norte. La contracorriente estuvo confinada entre las isopícnas de 26.0 y 26.5 a lo largo del talud. Para diagnosticar los aspectos dinámicos de la contracorriente, calculamos los números adimensionales relevantes usando escalas características obtenidas con un método objetivo. Los valores de los números adimensionales revelaron que la teoría cuasi-geostrofica puede ser usada para explicar la dinámica de la contracorriente frente a Baja California. Usando el principio de conservación de vorticidad potencial de esta teoría, encontramos que el término de estratificación es el término más importante, seguido del término de vorticidad relativa en la parte sur del área de estudio y del estiramiento en la parte norte. Los cálculos del número de Burger fueron consistentes con el análisis de la conservación de vorticidad potencial.

## OCE-8

## MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA FORMACIÓN DE REMOLINOS POR LA INTERACCIÓN DE LA CORRIENTE COSTERA MEXICANA CON LA LÍNEA DE COSTA

Velazquez-Muñoz Federico Angel y Baltazar-Flores Hans Christian  
 Universidad de Guadalajara, U de G  
 federico.vmunoz@academicos.udg.mx

Una de las características del Pacífico Oriental Tropical es la gran cantidad de remolinos de mesoescala que se forman, los cuales se pueden observar mediante mapas de nivel del mar y velocidad geostrofica de productos como AVISO. En particular, se observa que algunos de estos remolinos se forman cerca de la costa de México, frente a los estados de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero y después viajan hacia mar adentro aumentando su diámetro. Esta formación de remolinos frente a la costa coincide con la presencia y debilitamiento de la llamada Corriente Costera Mexicana, que es bien definida en los meses de junio y julio, lo que nos permite suponer que la interacción de dicha corriente con la línea de costa es un mecanismo de producción de remolinos. En este trabajo se presentan los resultados de una modelación numérica frente a la costa occidental mexicana, entre 20.5°N y 15.5°N, en la que se imponen una corriente costera con dirección hacia el polo y que es variable en tiempo de forma similar a la variabilidad temporal de la corriente costera mexicana. Los resultados del modelo numérico muestran que durante la etapa en que la corriente costera está bien definida se forman algunos remolinos por los cambios en la línea de costa, pero estos remolinos no crecen ni se desplazan al estar atrapados entre la corriente y la costa. Conforme la corriente costera se debilita, los remolinos empiezan a viajar hacia el suroeste, aumentando su diámetro.

## OCE-9

## DIEZ AÑOS DE CIRCULACIÓN EN BAHÍA TODOS SANTOS, B.C., MEDIDA CON RADARES DE ALTA FRECUENCIA

Flores-Vidal Xavier<sup>1</sup>, Durazo Arvizu Reginaldo<sup>1</sup> y Kurzcyn Robledo Jorge Alejandro<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Campeche - EPODEX  
 xfloresv@gmail.com

En este trabajo se presentan diez años de corrientes superficiales medidas con radares de alta frecuencia en la Bahía de Todos Santos (BTS). Los radares han generado una base de datos compuesta de mapas de corrientes superficiales con resolución espacial de 600 m y temporal de 15 minutos, formando un total de más de 350,000 mapas que son presentados en este trabajo utilizando diferentes técnicas y análisis para sintetizar la información. Los promedios anuales durante los diez años, muestran diferencias que se pudieran atribuir a fenómenos de gran escala como lo son el Niño (ENSO), el "BLOB" (anomalía de temperatura alta) y/o variabilidad del sistema de corrientes de Baja California. Los análisis de Funciones Empíricas Ortogonales (FEOs) aplicadas a los datos, muestran el modo 1 como una circulación ciclónica dentro de la BTS, compuesta por una corriente que entra a la bahía por su extremo sur (Punta Banda) y re-circula hacia el interior con un flujo de salida en la parte norte de la Bahía (San Miguel). Este modo se relaciona a su vez con eventos de viento (de escala espacial mucho mayor al de la BTS) de

moderados-intensos provenientes del norte nor-oeste, por lo que en este trabajo lo llamamos el modo de circulación por viento. El modo 2 es un poco más complejo, ya que representa una entrada de agua en la región de las islas de todos santos con flujos de salida por los límites sur y norte (Punta Banda y San Miguel), este modo pareciera relacionarse más con el flujo y reflujo de la marea. Por último, existe también un tercer modo que pareciera estar relacionado con vientos locales (brisas de escala espacial similar a las de la BTS) de carácter diurno, y que parece generar una zona de convergencia en el límite nor-este del interior de la BTS. En este trabajo se presentan también algunas evidencias de calentamiento de agua obtenidas con imágenes satelitales, así como también estimaciones de tiempos de residencia dentro de la bahía utilizando modelos de advección de partículas aplicados a los diez años de datos.

## OCE-10

### EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE CORRIENTES OCEÁNICAS EN EL CARIBE MEXICANO

Mariño Tapia Ismael<sup>1</sup>, Cahuich Lopez Miguel Angel<sup>2</sup>, Silva Rodolfo<sup>3</sup>, Athie Gabriela<sup>4</sup>, Enríquez Ortiz Cecilia<sup>5</sup>, Sheinbaum Julio<sup>6</sup> y Candela Pérez Julio<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores - Mérida

<sup>2</sup>CIE6010281U2

<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería - UNAM

<sup>4</sup>Universidad Veracruzana

<sup>5</sup>CICESE - DOF

imarino@gmail.com

Durante los últimos 10 años, la reducción de las reservas de petróleo que eran fácilmente extraíbles en la Sonda de Campeche, y el compromiso y motivación de cumplir con las medidas de adaptación al cambio climático, han despertado el interés del estado mexicano en las energías renovables. De éstas, la energía extraíble por corrientes oceánicas puede ser una opción económicamente factible siempre y cuando se encuentren corrientes intensas (>1 m/s), persistentes, y lo suficientemente cerca del continente. Por otro lado, la tecnología existente se ha desarrollado para las corrientes extremadamente intensas (~ 4 m/s), que existen en el norte de Escocia. Existen también retos tecnológicos importantes para poder aprovechar de manera eficiente la energía de corrientes "bajas", que son las más comunes en el planeta. Esta contribución utiliza una combinación de productos numéricos disponibles en la web (HYCOM), altimetría satelital, y mediciones in situ, para evaluar el potencial energético de la corriente de Yucatán, enfocándose en la región contigua a la Isla de Cozumel. La diversidad de información brinda avances importantes en las evaluaciones de energía por corrientes oceánicas, abarcando aspectos espaciales y temporales. Se propone además un análisis detallado de la potencia (W/m<sup>2</sup>) encontrada en oscilaciones de las corrientes de distinta escala temporal, donde las oscilaciones de baja frecuencia (< 2 cpd) junto con los valores promedio, son las que más contribuyen a la potencia generada en la región profunda. En la zona costera, la variabilidad en la potencia está distribuida en oscilaciones de muchas frecuencias y tiene valores muy bajos. Se estima que la corriente oceánica podría generar ~3 MWh/m<sup>2</sup>. A este nivel de producción se necesitarían cientos de aparatos (dependiendo de la eficiencia de la tecnología) para poder proveer a Cozumel con un porcentaje atractivo de energía. Antes de pensar en desarrollar la zona a nivel industrial, es importante pensar en los posibles efectos ambientales de un gran desarrollo de hidrogenadores.

## OCE-11

### CIRCULACIÓN SUPERFICIAL EN LA FRANJA COSTA-OCEANO DEL GOLFO MÉXICO, ESTIMADA A PARTIR DE UNA RED RADARES HF

Flores-Vidal Xavier<sup>1</sup>, Saavedra Matta Kelly Johana<sup>1</sup>, Sandoval Rangel Andrés<sup>1</sup>, Saldaña Bencomo Jesús Iván<sup>1</sup>, Arredondo Medina Carlos Eduardo<sup>1</sup>, Hernandez Gonzalez Mayra<sup>1</sup>, Kurzcyn Robledo Jorge Alejandro<sup>2</sup>, Murad Serrano José Paul<sup>3</sup>, Reyes Rosales Angélica<sup>3</sup>, Valencia Martínez Jorge<sup>4</sup>, Mariño Tapia Ismael<sup>5</sup>, Sallés Paulo<sup>6</sup> y López González José<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Campeche EPOMEX

<sup>3</sup>Instituto de Investigación Oceanográfica del Golfo y Mar Caribe, SEMAR

<sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

<sup>5</sup>CINVESTAV

<sup>6</sup>Unidad Académica Sisal del Instituto de Ingeniería de la UNAM

xfloresv@gmail.com

Como parte de los objetivos del CIGOM, en verano de 2017 se inició una serie de instalaciones de radares de alta frecuencia, mejor conocidos como radares HF o escatérómetros oceanográficos, con los cuales se espera comprender cada día mejor la circulación del Golfo de México. Al día de hoy se cuenta con 16 instrumentos operativos en que miden la circulación superficial del Golfo de México desde las costas de Tamaulipas hasta las costas de Yucatán. Dichos instrumentos generan mapas de corrientes con una escala espacial de 3 km desde la costa hasta ~200 km mar adentro, y con una periodicidad temporal horaria. Los primeros resultados muestran una circulación se compone de "pequeños" remolinos de unos 10-20 km de diámetro, mismos que interactúan con flujos netos de corriente superficial hacia el sur-oeste, en el caso de las regiones de Yucatán, Campeche y Tabasco, pero hacia el sur-este en el caso de las regiones de Tamaulipas y norte de Veracruz. En la región central de las costas del Golfo, i.e. Veracruz y su límite con Tabasco, se

ha observado un flujo cuasi permanente hacia el norte, mismo que pudiera deberse a la convergencia de aguas en esa región. Los datos de los radares han sido comparados con anclajes de ADCP y con trayectorias de boyas de deriva, lo que nos da confiabilidad en el esquema que aquí presentamos.

## OCE-12

### DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS EN VÓRTICES

Graef Federico<sup>1</sup>, Plata Luis<sup>2</sup>, Ochoa José Luis<sup>1</sup> y Zavala Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CICESE

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

fgrae@cicese.mx

La dispersión de  $n$  partículas liberadas simultáneamente es modelada numérica y analíticamente usando una ecuación tipo Langevin que incluye una velocidad aleatoria (difusión turbulenta) más una velocidad determinista (vórtice). Se realizan experimentos numéricos con diferentes condiciones inicial y de frontera, en que las partículas son dispersadas con la técnica de caminata aleatoria en presencia de un vórtice con rotación de cuerpo rígido (VR) o un vórtice irrotacional (VI). La dispersión en cada tipo de vórtice se describe haciendo un análisis estadístico de la posición de las partículas en función del tiempo  $t$ . Para el VR se estudia la expresión analítica de la variancia obtenida en un trabajo anterior que indica que la dispersión es normal (variancia es lineal en  $t$ ) pero el coeficiente de difusión  $K$  depende de la velocidad angular  $\#$  del vórtice. Se demuestra que la dispersión es invariante ante una rotación del sistema de coordenadas. En los experimentos del VI en que todas las partículas inician en un punto, se observa un rápido aumento de la variancia (no lineal) en los primeros pasos de tiempo que se incrementa con la circulación del vórtice y con la intensidad de la parte aleatoria. Esta dispersión anómala ocurre mientras las partículas se distribuyen en la periferia del remolino. Después la variancia crece linealmente en el tiempo (dispersión normal), pero  $K$  es en general mayor que el caso sin remolino (aún si inicialmente las partículas formaran un anillo alrededor del origen) y tiende a aumentar con la circulación para vórtices más intensos; este comportamiento es contrario al VR, en el cual dentro del rango de parámetros en que la caminata aleatoria es válida,  $K$  disminuye ligeramente al aumentar  $\#$ .

## OCE-13

### DERIVA SUPERFICIAL EN EL GOLFO DE MÉXICO: DESCRIPCIÓN COHERENTE DE LAS CORRIENTES, EL OLEAJE Y LA MEZCLA VERTICAL

Rasclé Nicolas, Osuna Pedro, Moulin Aimie y Larrañaga Marco  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
nracle@cicese.mx

Algunos de los grandes desafíos a los que se enfrenta la comunidad científica que estudia el Golfo de México se encuentran asociados con el desarrollo e implementación de programas para dar seguimiento a derrames de petróleo, macro y micro plásticos, y al ahora masivo arribo de la macroalga de género *Sargassum*. Para describir y pronosticar la distribución espacio-temporal que siguen estos trazadores, es necesario tener un amplio conocimiento de las corrientes superficiales, los cuales se encuentran dominados, en gran medida, por corrientes geostrofas y corrientes inducidas localmente por el viento, que llamaremos "corrientes de Ekman". Las corrientes geostrofas, aunque de mayor amplitud, no tienen divergencia horizontal y entonces no pueden explicar zonas de acumulaciones ni llegadas en las costas, por lo cual las corrientes de Ekman son de primera importancia. A pesar de sus importancias, las corrientes de Ekman siguen modelados de manera inconsistente en sus dos aspectos más fundamentales: (i) la mezcla vertical, que determina el corte vertical y por lo tanto la magnitud de la deriva en la superficie, y (ii) la deriva de Stokes del oleaje. Esos dos aspectos son relacionados con el acoplamiento entre olas y corrientes. Este trabajo en proceso se propone corregir esta inconsistencia y evaluar su impacto por el caso de deriva en el Golfo de México. (1) Resultados preliminares fueron obtenidos por medio de simulaciones idealizadas en una dimensión donde se incorporaron los últimos conocimientos sobre la mezcla vertical. Se demuestró que las corrientes de Ekman superficiales varían entre 1 y 3% de la velocidad del viento conforme las olas se desarrollan. Estas variaciones hacen de la edad del oleaje, junto con la velocidad del viento y la profundidad de la capa de mezcla, un parámetro clave para predecir derivas en la superficie. Se discutirán además trabajos futuros, incluyendo: (2) La utilización de trayectorias de boyas ARGO para buscar pruebas observacionales de la variación de la deriva en la superficie con la edad del oleaje. (3) La evaluación del impacto de dichos procesos para las trayectorias dentro del Golfo de México.

## OCE-14

### RELACIÓN DEL VIRO EN LA CAPA DE EKMAN DE FONDO CON EL COEFICIENTE DE VISCOSIDAD TURBULENTO

Rosas Villegas Froylán, Candela Pérez Julio y Ochoa de la Torre José Luis

<sup>1</sup>CICESE

frosas@cicese.edu.mx

Se utilizó una serie de perfiles de corrientes de ADCP, medidos cerca del fondo en la plataforma continental del Golfo de México, para estimar el viro medio de

los vectores de velocidad en su fracción sub-inercial. Se desarrolló una expresión analítica, considerando un coeficiente de viscosidad turbulenta ( $K$ ) constante, que relaciona perfil de vórtice de las corrientes con el espesor de la capa de Ekman de fondo ( $D$ ) para estimar, éste último, mediante un problema de mínimos cuadrados con un solo parámetro libre. Con un segundo paso se obtuvo también la velocidad geostrofica alejada del fondo. Se encontró que, para 530 de un total de 3050 perfiles analizados, la aproximación de  $K$  constante es razonable según la alta correlación entre los datos y la solución teórica correspondiente. Finalmente, se obtuvieron estadísticas del esfuerzo en el fondo y algunos parámetros turbulentos adicionales. De acuerdo a la teoría clásica y observaciones previas, los resultados por este método mostraron ser más cercanos a lo que físicamente se espera en comparación con un ajuste no-lineal por cuadrados mínimos de los perfiles de velocidad, en el que se tienen tres parámetros libres, éste es, las dos componentes de la velocidad geostrofica y  $D$ .

## OCE-15

### INESTABILIDADES DE KELVIN HELMHOLTZ EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Carbajal Pérez Noel<sup>1</sup>, Tuxpan Vargas José<sup>1</sup>, Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup> y Salas de León David Alberto<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., IPICYT  
<sup>2</sup>CEUNIVO, Universidad de Colima  
<sup>3</sup>ICMYL, UNAM  
 noelc@ipicyt.edu.mx

Las ondas de Kelvin Helmholtz son un fenómeno de inestabilidad dinámica prácticamente universal que ocurre en cortes de flujo a diferentes escalas. La forma de las ondas es similar en inestabilidades que surgen en gradientes de flujo en planetas como Saturno y Júpiter, en las colas de cometas, en la magnetósfera y es común observar estas inestabilidades en la atmósfera terrestre. En este trabajo, se describen inestabilidades de Kelvin Helmholtz en el Golfo de California, que surgen como consecuencia de cortes de velocidad producidos por gradientes topográficos. Se presenta una teoría que explica la condición necesaria para el surgimiento de éstas inestabilidades y se muestran imágenes satelitales que revelan la recurrencia del fenómeno.

## OCE-16 CARTEL

### EVALUACIÓN DE ALGORITMOS DE COLOR DEL OCÉANO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CHL-A FRENTE A LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Alvarado Graef Patricia<sup>1</sup>, Martín Atienza Beatriz<sup>1</sup>, Sosa Ávalos Ramón<sup>2</sup>, Durazo Arvizu Reginaldo<sup>1</sup>, Tanahara Romero Sorayda Aime<sup>1</sup> y Martínez Alcalá José Antonio<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
<sup>2</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas (CEUNIVO), Universidad de Colima  
 alvaradograef@uabc.edu.mx

El estudio de la concentración de clorofila  $a$  (Chl- $a$ ) en el océano es de gran importancia debido a que proporciona información acerca de la productividad primaria, la contaminación marina, así como el cambio climático, entre otros aspectos importantes. Sin embargo, la obtención de datos in situ de la concentración de Chl- $a$  es complicada y costosa. Dado que el color del océano se relaciona directamente con los componentes del agua del mar, los datos registrados mediante sensores remotos se pueden utilizar para estimar la concentración de Chl- $a$  en amplias áreas del océano y, además, permiten la generación de series de tiempo con alta periodicidad y de larga duración. Es mediante la aplicación de algoritmos matemáticos que se pueden obtener valores de concentración de Chl- $a$  a partir de datos satelitales de reflectancia. Estos algoritmos han sido desarrollados utilizando bases de datos globales. No obstante, las diferencias obtenidas al comparar los datos de Chl- $a$  in situ, recopilados en una determinada zona, y la predicción que realiza cada algoritmo utilizando datos remotos se minimizan al adaptar los parámetros del algoritmo en cuestión a las características particulares de la región. En este trabajo se utilizan datos in situ de Chl- $a$ , recopilados en la costa oeste de la península de Baja California durante varias campañas del proyecto IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California) entre 1998 y 2016, y datos de reflectancia, obtenidos a partir de imágenes satelitales SeaWiFS (Sea Viewing Wild Field of View Sensor), para evaluar cuatro algoritmos de Chl- $a$ : OC2, OC3, OC4v6 y CI. Tres de los cuatro algoritmos (OC2, OC3 y CI) subestiman en un orden de magnitud la concentración de Chl- $a$ , siendo el algoritmo OC4v6 el que mejor ajusta a los datos in situ observados en la zona. Es por ello que se procedió a regionalizar los parámetros característicos de dicho algoritmo, para buscar un mejor ajuste, utilizando todas las estaciones de muestreo, sin obtener una mejora en los resultados. Por tanto, se dividió la zona de estudio en varias regiones utilizando diferentes criterios como la dinámica de la zona (regiones norte y sur de Punta Eugenia, B.C.) o las propiedades ópticas de las estaciones de muestreo (oceánicas y costeras), regionalizándose el algoritmo para cada región por separado.

## OCE-17 CARTEL

### INFLUENCIA DE LA FUERZA DE CORIOLIS EN LAS CORRIENTES OCEÁNICAS Y AFECTACIONES EN EL CLIMA

Nieto Ostigüín Tania Vanessa, Sánchez Hernández Luis Angel y Andres Zarate Esteban  
 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
 tania\_vanessa\_10@hotmail.com

Mediante el método del estudio de la fuerza de Coriolis, se determinó la forma de cómo afecta las corrientes oceánicas. El estudio se realizó mediante un modelo ideal centrándolo la atención en las corrientes del océano atlántico. Los resultados obtenidos fueron, la verificación de la forma en que la fuerza de Coriolis desvía las corrientes marinas en el hemisferio norte y como se afectarían las fluctuaciones en el intercambio de oxígeno y nutrientes, entre las masas de agua superficiales y aguas profundas; cambios que se traducen en un impacto y deterioro de los patrones que conocemos hoy día y, como consecuencia la manera en que afectaría al planeta y los organismos que aquí habitamos.

Sesión regular

# **PALEONTOLOGÍA**

Organizadores:

Ricardo Barragán Manzo  
Miguel Angel Torres Martínez

## PALEO-1

## LA GESTIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS BIENES PALEONTOLÓGICOS EN MÉXICO

Aguilar Arellano Felisa Josefina  
 Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH  
 felisa\_aguilar@inah.gob.mx

A partir de 1986, en México, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) en México es la dependencia federal encargada de la preservación y la protección de los bienes paleontológicos, al adicionarse el artículo 28 bis de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Con la creación del Consejo de Paleontología (ConPal), órgano consultivo de la Dirección General del INAH, integrado por especialistas en investigación y docencia en paleontología de diferentes instituciones a nivel nacional, se generan los lineamientos que permitan regular las actividades que involucren la investigación, la docencia y el uso de los fósiles de interés paleontológico en términos legales, así como el desarrollo de procedimientos en materia de conservación, preservación, protección, divulgación y difusión del patrimonio paleontológico encontrado en territorio nacional y con ello garantizar una gestión integral. En 2017, el ConPal fue reinstalado, y como parte de un programa de trabajo a tres años, se establecieron cuatro líneas de acción principales: 1) Lineamientos y Procedimientos; 2) revisión y asesorías para el registro de colección y localidades paleontológicas en la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas; 3) trámites administrativos, y 4) difusión y divulgación. Cada línea de acción deberá ser evaluada, contrastando su objetivo principal con lo realizado, y con ello generar y/o fortalecer las estrategias de trabajo establecidas para la continuidad de los objetivos encomendados como consejo consultivo de especialidad del INAH.

## PALEO-2

## ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO DEL CERRO LOS ABAJEÑOS, SIERRA AGUA VERDE, SONORA, MÉXICO

Palafox Juan Jose<sup>1</sup>, Vachard Daniel<sup>2</sup>, Clausen Sebastien<sup>2</sup>,  
 Buitrón Blanca E.<sup>3</sup>, Cuen-Romero Francisco<sup>1</sup> y Reyes Dulce<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Sonora  
<sup>2</sup>Universidad de Lille 1  
<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
 juan\_palafox@hotmail.com

El Cratón de América del Norte está en gran parte expuesto en la parte SE de Arizona y al NE de Sonora. En el NE de Sonora, las diferentes series del Paleozoico presentan generalmente facies de plataforma, que varían en edad desde Cámbrico Medio al Pérmico inferior. Se ha estudiado una sección en el Cerro Los Abajeños, Sierra Agua Verde, Sonora, México. La sección geológica estudiada mide 919.5 metros y fue dividida en 10 unidades de rocas carbonatadas y se asignó una edad en base a foraminíferos y algas calcáreas. Se identificaron las siguientes biozonas (a) *Nanicella gallowayi*; (b) *Eogeinitzina devonica*; (c) *Moravamminides indéterminés*; (d) *Granuliferella*; (e) *Laxoendothyra parakosvensis* y *Granuliferelloides* sp., (f) *Tuberendothyra* sp. e *Inflatoendothyra* sp.; (g) *Endothyra prisca* y *Stacheoides tenuis*; las cuales dan edades desde el Frasniano superior (Devónico)-Viseano (Missisípico). Apoyo otorgado por el Proyecto 229494 de ECOS Nord Francia-México CONACYT "Evolución de los ecosistemas y la biodiversidad durante el Paleozoico".

## PALEO-3

## NUEVA FAUNA DE BRAQUIÓPODOS DEL CAPITANIANO (PÉRMICO MEDIO) DE LA REGIÓN DE LAS DELICIAS, COAHUILA, MÉXICO

Torres-Martínez Miguel Angel y Heredia-Jiménez Daniela Paulina  
 Instituto de Geología, UNAM, IGL  
 miguelatm@geologia.unam.mx

Se reportan 30 especies de braquiópodos, pertenecientes a 25 géneros de los órdenes Productida, Orthotetida, Orthida, Rhynchonellida, Athyrida, Spiriferida, Spiriferinida y Terebratulida del Capitaniano (Guadalupiano tardío) de Las Delicias, Coahuila, México. Los especímenes fueron recolectados en un nivel estratigráfico de la sección Las Manuelas I, correspondiente a la parte superior de la Unidad Difunta (Wordingiano-Capitaniano). Los registros de los géneros *Probolionia*, *Anemonaria*, *Waagenoconcha*, *Grandaurispina*, *Edriosteges*, *Ramavectus*, *Enteletes* y *Thedusia*, junto con las especies *Linoproductus nasutus*, *Rhynchopora guadalupensis*, *Wellerella girtyi*, *Composita parasulcata*, *Composita prospera*, *Hustedia bipartita*, *Hustedia opsia*, *Hustedia stataria*, *Martinia rhomboidalis* y *Spiriferella sulcifer* resultan ser los primeros para México. Asimismo, los taxones *Marginifera minor* y *Liosotella subquadrata* son revisados taxonómicamente y renombrados. La presencia de 15 especies típicas del Guadalupiano tardío, junto con la ocurrencia del ammonoideo del género *Timorites* corroboran la edad establecida. Estos braquiópodos están relacionados paleobiogeográficamente con las faunas reportadas para la Paleoprovincia biótica Grandiana de Norteamérica; sin embargo, algunas especies como *Bathymyonia nevadensis*, *Enteletes wordensis*, *Linoproductus nasutus*, *Hustedia stataria* y *Martinia rhomboidalis* también han sido

registradas en provincias del Paleotetis, sugiriendo que a finales del Pérmico medio hubo una conexión marina entre Norteamérica y el este de Pangea a través del océano Panthalassa.

## PALEO-4

## BIOESTRATIGRAFÍA Y ANÁLISIS DE MICROFACIES DE LA TRANSICIÓN APTIANO-ALBIANO (CRETÁCICO TEMPRANO), DE UNA SECCIÓN DE LA FORMACIÓN TAMAULIPAS, ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

Barragán Manzo Ricardo y Gutiérrez-Puente Nicté Andrea  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 ricardor@geologia.unam.mx

Análisis de microfácies de 100 muestras de una sección que aflora en la porción occidental de estado de Hidalgo en México, provee de información paleoambiental y bioestratigráfica de la transición Aptiano-Albiano entre el límite de las formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas Superior (cuenca Tampico-Misantla). La sección de 92 metros de espesor consiste en mudstone y wackestone depositadas en condiciones marinas abiertas por debajo de la línea base de olas de tormenta y contiene abundantes microfósiles planctónicos, de entre los que destacan los foraminíferos. De acuerdo con los análisis bioestratigráficos con base en foraminíferos planctónicos y colomiélidos, ha sido posible inferir que la sección fue depositada en el lapso comprendido entre las Zonas Globigerinelloides blowi y *Ticinella primula*, quedando el límite Aptiano-Albiano establecido por la última ocurrencia de *Paraticinella eubejaouaensis* y la primera ocurrencia de colomiélidos tales como *Colomiella mexicana* y *Colomiella recta*. El índice U/Th de la curva de rayos gamma en la sección estudiada es indicativo de la presencia de niveles de facies con alto contenido de materia orgánica. Lo anterior sugiere una correlación con episodios de anoxia global según ha sido registrado previamente para la Formación Tamaulipas Inferior (Li et al., 2008). Así pues, una caracterización detallada de la asociación microfaunística y los bioeventos asociados, junto con el índice U/Th antes mencionado, aporta datos adicionales al entendimiento de los eventos anóxicos del Aptiano-Albiano y sus expresiones en las cuencas mexicanas, así como sus implicaciones paleogeográficas en el Dominio Tetisiano. Esta es una contribución al proyecto DGAPA-UNAM PAPIIT IN 108919. Referencia Li, Y.X., Bralower, T.J., Montañez, I.P., Osleger, D.A., Arthur, M.A., Bice, M.D., Herbert, T.D., Erba, E., Premoli-Silva, I. 2008. Toward an orbital chronology for the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a–120 Ma). *Earth and Planetary Science*. 271: 88-100.

## PALEO-5

## PRIMER REGISTRO DE CUPRESSINOXYLON (CUPRESSACEAE) DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL NORTE DE MÉXICO

García-Hernández Imelda Perla y Estrada-Ruiz Emilio  
 Instituto Politécnico Nacional, IPN  
 lunamuerta82@gmail.com

Un nuevo registro del género fósil *Cupressinoxylon* (Göppert) Gothan es descrito con base en maderas permineralizadas recolectadas en la Formación Olmos, Coahuila y la Formación San Carlos, Chihuahua pertenecientes al Cretácico Superior del norte de México. Las maderas fósiles fueron procesadas mediante la técnica de la lámina delgada para su posterior observación y descripción anatómica. Los ejemplares analizados compartieron los siguientes caracteres anatómicos: anillos de crecimiento diferenciados/indiferenciados, quienes los presentan la transición de madera temprana a madera tardía es abrupta y las bandas de madera tardía son estrechas. Las traqueidas son principalmente de contorno poligonal y en menor grado de forma circular. Punteaduras en la pared radial de la traqueida circulares de 1 a 2 series, cuando son dos es en disposición opuesta y la presencia de barras de Sanio. Presencia de punteaduras areoladas en la pared tangencial de la traqueida. Parénquima tangencial de tipo metatraqueal y difuso, las paredes en vista longitudinal lisas y engrosadas. Radios principalmente uniseriados y parcialmente biseriados de 3 a 32 células de alto. Punteaduras del campo de cruce de tipo cupressóide. Paredes horizontales y tangenciales de las células radiales lisas. Traqueidas de radio y canales resiníferos horizontales y verticales ausentes. Este conjunto de características indica afinidad con la familia Cupressaceae, cuya presencia evidencia la dominancia de esta familia en estratos del Mesozoico. Así mismo, la existencia o inexistencia de anillos de crecimiento con capas delgadas de madera tardía refuerzan la idea de que este tipo de plantas crecieron en ambientes tropicales.

## PALEO-6

## EL PRIMER ESQUELETO POSCRANEAL DE UN OREODONTE (MAMMALIA, ARTIODACTYLA, MERYCOIDODONTIDAE) DE MÉXICO: DESCRIPCIÓN Y SIGNIFICACIÓN PALEOBIOLÓGICA

Ferrusquía Villafranca Ismael y Ruiz González José E.  
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
ismaelfv@unam.mx

En este estudio se describe y discute el primer esqueleto postcranial de un oreodonte (Merycoïdodontidae, Artiodactyla) encontrado en México. Esta familia cuasi endémica de Norteamérica fue muy exitosa, y vivió de la edad mamiferiana terrestre norteamericana (NALMA por sus siglas en Inglés) Duchesneana tardía (Eoceno Tardío) a la edad Hemphilliana tardía (Mioceno Tardío), aproximadamente entre 38.0 Ma y 5.2 Ma. Los oreodontes eran bastante diversos (~27 géneros y 69 especies). Sin embargo, su registro fósil en México es modesto: Dos géneros en Chihuahua nororiental (fauna local Rancho Gaitan, Duchesneano tardío), un género en Oaxaca noroccidental (fauna local Yolomécatl, Uintaniano muy tardío-Duchesneano muy temprano) y un género en Oaxaca central (fauna local Suchilquitongo, Arikareano muy tardío a Hemingfordiano temprano). Por lo tanto, el hallazgo de un esqueleto postcranial referible la Familia Merycoïdodontidae en Tehuiztzingo, Puebla meridional es muy importante y significativo. El material fósil se extrajo de la Formación Tehuiztzingo, la cual es el relleno principal de la cuenca homónima; dicha unidad geológica es una gruesa secuencia lacustre-fluvial, finogranada que incluye estratos de caliza silicificada, y de limolita/arenisca intercalados por mantos de toba/ignimbrita, uno de los cuales produjo una fecha de K-A de  $29.9 \pm 0.8$  Ma (Oligoceno Temprano). La localidad fosilífera yace cerca de Atopolitlán, y contenía restos esqueléticos postcraneales articulados de un mamífero de talla mediana. La extracción, preparación y estudio del material se hicieron usando métodos y técnicas paleontológicas habituales. El fósil muestra entre otros rasgos los siguientes: Costillas anchas en sentido antero-posterior, astrágalo con doble tróclea, ecto- y mesocuneiforme fusionados, falange II más pequeña que las otras, y falanges unguales con pezuñas. Tales características lo ubican en la Familia artiodáctila Merycoïdodontidae, y hacen de él el primero de su clase en México. El tamaño del esqueleto postcranial corresponde al de Eporodon del Whitneyano-Arikareano Tardío. Sin embargo, la falta del cráneo y mandíbulas impiden una asignación definitiva a éste u otro género de merycoïdodontes. Finalmente, la especie de Tehuiztzingo era tropical, corredora (tal vez formaba rebaños) y vivía en un entorno ecológico abierto (poco arbolado) con fácil acceso al agua. Factores o condiciones poco comunes condujeron a su preservación como un esqueleto articulado descabezado.

## PALEO-7

## EL GÉNERO RHYNCHOTHERIUM (MAMMALIA, PROBOSCIDEA) DEL BLANCANO TEMPRANO DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Carranza y Castañeda Oscar  
Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, UNAM  
carranza@geociencias.unam.mx

El género Rhynchotherium tiene una historia confusa pero sus orígenes son de la fauna del Blancano temprano del estado de Tlaxcala., México. La primera mención fue de Falconer (1868) que refirió un molde de mandíbula al género Rhynchotherium, posteriormente, Osborn (1918-1921), lo refiere a la especie *R. tlascalae*. Un segundo descubrimiento lo hizo Barnum Brown (1911), quien descubrió en San José de Pimas, Sonora, otra mandíbula casi completa que fue referida a Rhynchotherium browni, Osborn 1936, sin embargo, se desconoce su nivel estratigráfico, la edad y la fauna asociada. Resultado de los proyectos de investigación en las cuencas de la región central de México, se ha recolectado material de gonfotéridos. Los primeros que se describen fuera de la fauna de Tapasuma, Honduras, se han referido a Gomphotherium hondurensis. esta descripción, demostró que Centro América no fue un centro de dispersión de proboscidos y lo más importante que Rhynchotherium se originó en las faunas del Henfiliano tardío, Blancano temprano de América del Norte inclusive las faunas de la misma edad en México. La primera evidencia de esto son los colmillos descritos de la localidad JalTeco 26 Henfiliano tardío de la cuenca de Tecolotlán, que presentan la banda de esmalte ligeramente espiralada a diferencia de los colmillos de Gomphotherium hondurensis descritos que tienen una banda de esmalte ancha a lo largo del borde labial del colmillo. Otros resultados recientes de la investigación en el centro de México, en depósitos de Blancano temprano (3.6Ma) de Charo, localidad de Rancho La Goleta, Michoacán, se colectó un cráneo y mandíbula del mismo animal, los caracteres de la mandíbula con la sínfisis inclinada hacia adelante y abajo además de presentar esmalte en los colmillos inferiores, la refieren a Rhynchotherium falconeri. La descripción del cráneo completo complementa la diagnosis de esta especie y contribuye a dilucidar la controversia que existe en el reconocimiento de las diferentes especies de Rhynchotherium, algunas descritas con material insuficiente. Un segundo descubrimiento de la mandíbula y parte de cráneo del mismo animal se recolectó en los sedimentos del Blancano temprano (3.9 Ma) de la cuenca de San Miguel de Allende, Guanajuato, los caracteres que presenta en la sínfisis mandibular dirigida hacia adelante y bajo en Angulo de 65° la refiere a Rhynchotherium browni, este es el primer reporte que se conoce que tiene un nivel estratigráfico definido, fauna asociada y edad radiométrica que asigna

al Blancano temprano. La comparación de estos ejemplares, muestran caracteres que permite ratificar que corresponden a especies diferentes, y que Rhynchotherium falconeri representa el estado más avanzado de las especies de Rhynchotherium. Proyecto PAPIIT IN102817.

## PALEO-8

## EL REGISTRO FÓSIL DE MAMÍFEROS OAXAQUEÑOS

Jiménez-Hidalgo Eduardo<sup>1</sup>, Arroyo-Cabral Joaquín<sup>2</sup> y Guerrero Arenas Rosalía<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Paleobiología, campus Puerto Escondido, Universidad del Mar.

<sup>2</sup>Laboratorio de Arqueozoología, Instituto Nacional de Antropología e Historia  
eduardojh3@yahoo.com.mx

Oaxaca es el estado con mayor número de especies de mamíferos. Para comprender cómo se integró esta biodiversidad, es necesario estudiar su registro fósil, el cual incluye 10 órdenes, 42 familias y 101 especies. Las épocas representadas son Eoceno-Oligoceno, Oligoceno, Mioceno, Pleistoceno y Holoceno. En areniscas tobáceas de la Formación Huajuapán existen varias huellas pequeñas de camélidos con rasgos observados en los camellos actuales, lo cual indica que algunas características de la anatomía podal de los camellos recientes ya habían evolucionado para el Eoceno tardío-Oligoceno (33.6-34.2 Ma). La Fauna Local (FL) Iniyoo del Oligoceno temprano de Santiago Yolomécatl está conformada por cinco órdenes, 17 familias y 23 especies. Los estratos fosilíferos son parte de la Formación Chilapa y consisten en limos y arcillas rojizas interestratificados con areniscas, conglomerados y silcretas. Los roedores y los artiodáctilos son los más diversos con seis especies. Varios de los nuevos registros de carnívoros, artiodáctilos, perisodáctilos y roedores del área son marcadores bioestratigráficos de la Edad Mamífero Arikareano (Ar1), lo que indica una edad no mayor a 30 Ma para el conjunto fosilífero. La mayoría de los taxones representados en la FL Iniyoo son los registros más sureños para Norteamérica y los primeros para el Paleógeno de México. Existen tres faunas locales en el Neógeno oaxaqueño: Suchilquitongo, Matatlán y Nejapa, las cuales proceden de sedimentos finos fluvioacustres. Las dos primeras están constituidas por cuatro órdenes, ocho familias, nueve especies en Suchilquitongo y once especies en Matatlán; en Nejapa existen cinco órdenes, 10 familias y 17 especies. De acuerdo con datos magnetoestratigráficos, la edad de la FL Suchilquitongo es 16.55-17.51 Ma (Edad Mamífero Hemingfordiano (He2)), lo cual está sustentado por el registro de la familia Felidae en la zona, ya que su Dato de Primera Aparición en Norteamérica es 17.5 Ma. En Suchilquitongo los artiodáctilos son los más diversos. En las FL's Matatlán y Nejapa los équidos son los más diversos; el registro de Plihippus en el estado es el más antiguo del género para México. Previamente, ambas FL's se asignaron al Barstoviano (BA1), ca. 15 Ma; empero, parece existir una mezcla de taxones de distintas edades. La mayoría de los registros de estas FL's son los más sureños para Norteamérica durante el Mioceno. La mayor parte del registro pleistocénico procede de las FL's Chazumba y Viko vijin, ubicadas en la Mixteca oaxaqueña. En ellas están representados seis órdenes, 15 familias y 22 especies. Existen elementos neárticos como Bison latifrons, Equus conversidens, E. mexicanus y Hemiauchenia, así como elementos neotropicales, como Glyptotherium cilindricum, Pampatherium mexicanum o perezosos terrestres. La edad de las localidades va de los 84,000 – 12,000 años antes del presente, lo que permite ubicarlas en la Edad Mamífero Rancholabreano. Las asociaciones faunísticas pleistocénicas sugieren que en algunas zonas de Oaxaca existieron hábitats heterogéneos con pastizales y zonas más cerradas con bosques, así como ambientes de matorral xerófilo en otras áreas. Finalmente, los registros holocénicos incluyen taxa reciente que proceden de cuevas.

## PALEO-9 CARTEL

## PROTOZOOS E INVERTEBRADOS FÓSILES DE TAMAULIPAS, MÉXICO: UNA REVISIÓN

Becerra-Rodríguez Angel Giovanni<sup>1</sup>, Torres-Martínez Miguel Angel<sup>2</sup> y Correa-Sandoval Alfonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

angdi2wentraubi396@live.com.mx

El estado de Tamaulipas se encuentra ubicado en la región Noreste del territorio mexicano, el cual se caracteriza por presentar numerosas localidades fosilíferas de distintas edades. Dado que se han realizado diversos trabajos relacionados con los fósiles de protozoos e invertebrados fósiles de la región, del Paleozoico al Cenozoico, es importante reconocer el avance que se tiene hasta el momento en el conocimiento de las faunas de las diferentes localidades reportadas; esto con la finalidad de enriquecer y actualizar la información de los tipos de asociaciones bióticas que habitaron Tamaulipas en el pasado. El presente estudio se enfoca en la revisión del registro fósil correspondiente a protozoos e invertebrados del Eón Phanerozoico que han sido documentados hasta el momento para la entidad, empleando buscadores académicos electrónicos disponibles en línea, así como bases de datos de colecciones científicas de instituciones nacionales e internacionales. El estado actual del conocimiento de estos dos grupos para Tamaulipas corresponde a un total de 464 especies, de las cuales 221 pertenecen a invertebrados, mientras que 243 a protozoos fósiles. Para el Paleozoico se obtuvo un total de 20 especies, correspondientes únicamente a invertebrados de los periodos Silúrico, Misisípico y Pensilvánico, siendo los braquiópodos el grupo mejor representado. En lo que se refiere al Mesozoico se reportan 133 especies, de las cuales 89 corresponden a protozoos, mientras que únicamente 44 se

relacionan a invertebrados. Los grupos con mayor riqueza son los foraminíferos y los ammonites, de los periodos Jurásico y Cretácico respectivamente. Finalmente, para el Cenozoico existe un total de 311 especies del Paleógeno (Paleoceno-Oligoceno) y Neógeno (Mioceno). De éstas, 157 pertenecen a protozoos y 154 a invertebrados, siendo los foraminíferos, gasterópodos y bivalvos los grupos mejor representados. Los municipios que presentan mayor número de registros de la biota estudiada son Victoria, Miquihuana, Tampico, San Fernando y Mier.

#### PALEO-10 CARTEL

### PRIMER REGISTRO DEL MICROCPROLITO PALAXIUS SALATAENSIS EN LA FORMACIÓN CUPIDO (APTIANO, CRETÁCICO INFERIOR), NORESTE DE MÉXICO

Torres-Martínez Miguel Ángel, Núñez-Useche Fernando y Barragán Ricardo  
*Instituto de Geología, UNAM, IGL*  
 miguelatm@geologia.unam.mx

La icnología, es la encargada del estudio de todos los rastros y huellas dejados como prueba de la existencia de diferentes organismos. Uno de estos rastros son los coprolitos, que son nódulos fecales fosilizados de distintos animales, los cuales en algunas ocasiones pueden quedar conservados debido a la presencia de carbonatos. Los microcoprolitos, y en particular los del icnogénero *Palaxius* representan pellets fecales de camarones callianassidos, que son crustáceos decápodos de hábitos enterradores. Estos coprolitos exhiben rasgos anatómicos distintivos, tal como una forma externa subrectangular y canales que atraviesan longitudinalmente al coprolito, los cuales tienen forma de media luna en corte transversal. En particular, *Palaxius salataensis* se diferencia de los demás taxones del icnogénero por la presencia de cuatro canales en un plano de simetría bilateral, además, la parte convexa de la media luna de cada canal está dirigida hacia el margen exterior. El material de *P. salataensis* de este trabajo fue localizado en rocas carbonatadas pertenecientes a los niveles superiores de la Formación Cupido del Aptiano inferior (Cretácico Inferior) del noreste de México. La ocurrencia del microcoprolito en facies de packstone-grainstone con abundantes pellets, conchas de gasterópodos, intraclastos mal clasificados, un alto contenido en materia orgánica y una fábrica microbiana caracterizada por una estructura coagulada permite relacionar el paleoambiente de depósito con aguas someras de condiciones altamente energéticas, bien oxigenadas y un alto aporte de nutrientes, cercanas al margen de la plataforma. Esta icnoespecie se había reportado previamente para diferentes localidades del Paleozoico y Mesozoico a nivel global, siendo este el primer registro de *P. salataensis* para el territorio mexicano.

#### PALEO-11 CARTEL

### ESTUDIO TAFONÓMICO DE RATONES GEÓMIDOS (RODENTIA: GEOMYIDAE) DE LA FAUNA LOCAL INIYOO EN EL YACIMIENTO SANTIAGO YOLOMECATL, OAXACA (OLIGOCENO TEMPRANO)

Hernández Cortes José Eduardo<sup>1</sup>, Israde Alcántara Isabel<sup>1</sup> y Guerrero Arenas Rosalía<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT  
<sup>2</sup>Universidad del Mar, Laboratorio de Paleobiología.  
 ialobio508@outlook.com

Los estudios tafonómicos en México son realmente pocos. Entre éstos, destacan algunos en la parte norte y noroeste del país, principalmente sobre paleobotánica y dinosaurios. Para la parte sur, la mayoría se enfocan a invertebrados marinos. En el presente estudio se analizaron las características tafonómicas y mineralógicas de 377 especímenes fósiles de roedores geomidos, colectados en la región de la Mixteca en el noroeste de Oaxaca. Los yacimientos se encuentran en los alrededores de Santiago Yolomécatl, cuya edad es del Oligoceno temprano. Los sedimentos consisten en una secuencia iterativa de sedimentos fluvioacústicos con alta presencia de carbonatos, los cuales incluyen arcillas verdes, limo-arcillas y limos, así como conglomerados matriz-soportados. Las características tafonómicas que se observaron en los ejemplares son diferentes grados de meteorización, abrasión, desarticulación, color, impregnaciones, integridad y tipo de fracturas. Los estudios mineralógicos realizados en los ejemplares fósiles y el sedimento circundante demuestran la presencia de minerales del grupo de zeolitas y carbonatos. Con ello, se infiere que el proceso de permineralización ocurrió en un lugar muy cercano al del enterramiento del ejemplar y en condiciones de humedad. Con todos los datos observados hasta ahora, se puede estimar que los fósiles sufrieron poco transporte. Esta información es de gran importancia ya que nos permitirá evaluar si las biotas de los yacimientos fosilíferos de Santiago Yolomécatl sufrieron una ponderación temporal o retrabajo.

#### PALEO-12 CARTEL

### TAFONOMÍA DEL ESQUELETO POSTCRANEAL DEL RUMIANTE BASAL NANOTRAGULUS (ARTIODACTYLA: HYPERTRAGULIDAE) DE LA FAUNA LOCAL INIYOO, OLIGOCENO TEMPRANO (ARIKAREANO) DEL SUR DE MÉXICO

Butrón Xancopinca Perla Guadalupe<sup>1</sup> y Jiménez Hidalgo Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, INICIT, UMSNH

<sup>2</sup>Laboratorio de Paleobiología, campus Puerto Escondido, Universidad del Mar perlab2010@hotmail.com

El género *Nanotragulus* (Artiodactyla: Hypertragulidae) es un rumiante basal extinto con un rango cronológico desde el Oligoceno temprano hasta el Mioceno temprano en Norteamérica (edad de mamífero Whitneyano-Arikareano), y es un mamífero típico para el Arikareano. La Fauna Local Iniyoo procede de la Formación Chilapa, en los alrededores de Santiago Yolomécatl, en el noroeste de Oaxaca, México; constituye una asociación fósil del Oligoceno temprano. De acuerdo con la datación U-Pb de zircones detríticos en el sitio, la edad máxima del depósito fosilífero es de 30.6 Ma, y según la biocronología de los mamíferos, el conjunto faunístico tiene una edad de 28-29 Ma. En los sedimentos fluvioacústicos ha sido recolectado el material postcraneal de *Nanotragulus*, el cual es el registro más sureño para el género en Norteamérica, y que incluye vértebras, radio-ulnas, huesos radiales, metapodiales, un húmero, tibias, calcáneos, astrágalos, falanges y costillas fragmentadas. La preservación in-situ de los fósiles se considera excelente, con pocos huesos ligeramente fragmentados. En este trabajo se presentan las modificaciones tafonómicas que actuaron sobre el material postcraneal, y con ello contribuir al entendimiento de los procesos sedimentarios que actuaron. Mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido se obtuvieron imágenes donde fue posible observar con detalle las modificaciones tafonómicas, así como identificar el agente responsable por medio de comparación con agentes causales conocidos actualmente. El material postcraneal de *Nanotragulus* muestra evidencia de modificación por medios físicos y biológicos, los más comunes son: agrietamientos, fragmentación, hoyos y perforaciones, óxido de manganeso, marcas en forma de "V" por arrastre, marcas de raíces de plantas, reemplazamiento por cristales de calcita y digestión. En menor cantidad se observó descamación, mordeduras de roedor, decoloración ósea, intemperismo, fracturas por pisoteo y abrasión. El transporte se considera leve debido a la excelente conservación de los fósiles, donde es posible observar orificios de origen orgánico. El reemplazamiento por cristales de calcita al interior de las cavidades medulares indica un ambiente con periodos húmedos y abundante precipitación de carbonato, seguido gradualmente por condiciones de sequía. Esto explicaría las grietas y la fragmentación observada en la mayoría de los fósiles, donde los huesos sufrieron contracciones debido a la pérdida de agua y/o humedad. En cuanto a los estudios mineralógicos, tres muestras: una vértebra, una tibia y el sedimento asociado a los fósiles, fueron sometidos a análisis de Difracción de Rayos X, Fluorescencia de Rayos X, e Espectroscopia infrarroja. Se observaron en general tres fases: carbonatos, silicatos y fosfatos, dominados por calcita, montmorillonita, e hidroxipatita, respectivamente. La presencia del mineral arcilloso montmorillonita, permiten inferir y confirmar la existencia de un ambiente húmedo en el área. Por lo tanto, la aplicación de análisis de daños físicos y mineralógicos provee información acerca de las condiciones bajo las cuales se conservó el esqueleto postcraneal de *Nanotragulus*, y, en consecuencia provee información para la reconstrucción paleoambiental durante el Oligoceno temprano en el sur de México.

#### PALEO-13 CARTEL

### ¿CUÁNTOS TAXONES DE AVISPAS PRODUJERON LOS EJEMPLARES DE FICTOVICHNUS SCIOTTOI DE LAS LOCALIDADES DEL OLIGOCENO EN OAXACA?

Hernández Ramos Balbina, Guerrero Arenas Rosalía y Jiménez Hidalgo Eduardo  
 Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, UMAR  
 bahera1663@gmail.com

En los últimos años, como resultado de prospecciones en tres localidades fosilíferas del Oligoceno en los alrededores de Santiago Yolomécatl, al noroeste del estado de Oaxaca, se han colectado ejemplares identificados como *F. sciottoi*, los cuales representan capullos de forma ovoide a elipsoide atribuibles a himenópteros. Los ejemplares presentan variación en tamaño y forma, aspectos que se han usado para inferir el número de productores de otros taxones. El objetivo de este trabajo es inferir el número de posibles productores involucrados en la construcción de los ejemplares de *F. sciottoi* usando de medidas lineares y con ello, aportar indicios de la diversidad de especies de insectos. Se analizaron 138 ejemplares, colectados desde 2015 hasta 2018. En cada ejemplar se tomaron tres medidas lineares correspondientes a las variables largo, ancho máximo y ancho mínimo. Los datos ausentes se imputaron usando el algoritmo EM (Expectation-Maximization) y se realizó un análisis de agrupamiento por el método ligamiento completo (Complete linkage) y distancia euclidiana. Cada grupo formado representa un taxón productor. El análisis permite reconocer seis grupos de ejemplares. Algunos grupos comparten rangos de medidas en algunas variables pero se separan por las medidas dadas por las demás variables. Por tanto el análisis de agrupamiento permite sugerir la existencia de al menos seis taxones de avispas productoras de los ejemplares. La

formación de grupos a partir de variables medidas, como se realizó en este trabajo, es un análisis exploratorio de datos útil que permite rescatar el tamaño como una herramienta en la inferencia de productores, pudiéndose usar como paso previo a la selección de ejemplares a analizar con morfometría geométrica, técnica que elimina el tamaño y solo rescata la forma.

#### PALEO-14 CARTEL

### IMPORTANCIA DE LA TAXONOMÍA TRADICIONAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS FÓSILES: ESTUDIOS DE CASO EN MÉXICO

Martínez-Velarde María Fernanda<sup>1</sup>, Guzmán-Vázquez Itzel<sup>1</sup>,  
Sánchez-Beristain Francisco<sup>2</sup>, Juárez-Aguilar Edwin Aldrin<sup>3</sup>, Villar-Morales  
Diego<sup>4</sup>, Paredes-Arriaga Alejandro<sup>5</sup> y Calvillo-Canadell Laura<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, UNAM

<sup>2</sup>Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

<sup>4</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

<sup>5</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>6</sup>Instituto de Biología, UNAM

308125458@comunidad.unam.mx

En una época en la que los datos moleculares son imprescindibles para el entendimiento de la evolución de las plantas en general, el campo de la paleobotánica mantiene el empleo de métodos de identificación y elaboración de filogenias basados en caracteres morfológicos a diferentes escalas, dadas las condiciones evidentes del registro fósil. La minuciosa observación de las características de las diferentes estructuras preservadas en los fósiles, así como la correcta identificación taxonómica de los ejemplares, es trascendental para la aplicación de la información resultante en la calibración de filogenias, la inferencia de las condiciones paleoambientales, así como para el entendimiento de patrones biogeográficos y en general evolutivos de los diferentes taxones. En el presente trabajo se muestran cuatro estudios de caso de Calvillo-Canadell y colaboradores, donde se aplica la taxonomía tradicional para la identificación de ejemplares colectados en México, así como para la generación de hipótesis sobre los patrones biogeográficos y los tipos de vegetación en los que habitaron dichas especies. La identificación y descripción taxonómica de dos especies fósiles (*Menispermites olmonensis* y *Dioscorites palauensis*) del Cretácico Tardío de la Formación Olmos de Coahuila, basados en caracteres foliares, específicamente de arquitectura foliar, sugiere que la vegetación del Norte de América fue similar a los actuales bosques tropicales, apoyando la Hipótesis Boreotropical para explicar el origen de los bosques tropicales húmedos actuales. De igual manera, dos especies fósiles de *Burseraceae* (*Bursera popensis* y *B. ezequielii*) de la Formación La Carroza (Eoceno Medio) en Nuevo León, pertenecientes a dos secciones distintas (*Bursera* y *Bullockia* respectivamente) fueron identificadas con base en caracteres morfológicos de las hojas. De acuerdo con la descripción de las estructuras, se sugiere que ambas secciones se diferenciaron durante el Eoceno Medio, además de que en el norte de México habitaban elementos de selvas tropicales secas, sin alcanzarse a desarrollar una comunidad vegetal propia de esos ambientes. Por otra parte, se encontraron dos especies de *Hymenaea* (*Fabaceae*: *Caesalpinioideae*) a través de la observación de las características florales de ejemplares incluidos en ámbar del Mioceno Temprano de la Formación La Quinta en Simojovel de Allende, Chiapas. El material analizado correspondió a dos especies, *H. mexicana* y otra nueva *H. allendis*; mismas que se sugiere, generaron las formaciones de ámbar de la región. Finalmente, se presenta el caso de la identificación taxonómica de fósiles de flores y frutos, pertenecientes a las formaciones de Cerro del Pueblo, Coahuila y Coatzingo, Puebla, del Cretácico tardío y el Oligoceno respectivamente. Los resultados arrojaron que todos pertenecen a la familia *Rhamnaceae*. Las estructuras florales de la primera localidad pertenecen a la especie *Coahulanthus belindae*; mientras que las flores de la segunda localidad se determinaron como *Nahinda axamilpensis* y el fruto alado como *Ventilago engoto*.

#### PALEO-15 CARTEL

### COMPARACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN AMBIENTAL DEL POLLEN Y LOS TAXA PARENTALES EN MESOAMÉRICA: IMPLICACIONES PARA LA RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL

López-Esquivel Alexis<sup>1</sup>, Caballero-Rodríguez Dayenari<sup>2</sup>,  
Franco-Gaviria Juan Felipe<sup>3</sup> y Correa-Metrio Alexander<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Smithsonian Tropical Research Institute

<sup>3</sup>University of Exeter

<sup>4</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
eduardo.loes@ciencias.unam.mx

Cada taxón florístico tiene una distribución espacial mediada en diferentes escalas espacio-temporales por los factores ambientales. Los climas continentales son el principal factor que determina la distribución de la vegetación a escala regional. Esta premisa constituye la base para la reconstrucción ambiental a través de estudios palinológicos. Sin embargo, la representatividad de la vegetación en los espectros de polen resulta condicionados por la biología reproductiva de los taxa parentales. La región de Mesoamérica es una zona megadiversa, caracterizada

por una alta heterogeneidad ambiental. En ella se encuentra la zona de transición entre los reinos biogeográficos Neártico y Neotropical, resultando en una mezcla de especies con polinización zoófila y anemófila. Así, la abundancia relativa dentro de los espectros de polen no refleja directamente la composición y estructura de la vegetación parental. El objetivo de este estudio es comparar la distribución del polen y la vegetación parental moderna a lo largo de gradientes climáticos con base en 224 muestras de sedimentos superficiales en cuerpos de agua localizados en la región de Mesoamérica. Para el efecto se seleccionaron los taxa más representativos de los ensambles de polen a través de las localidades estudiadas, y se construyeron modelos de distribución probabilística para el polen y los taxa parentales. Posteriormente, las distribuciones fueron comparadas, resultando en la identificación de los espacios ambientales críticos donde el polen sobre o subrepresenta a la vegetación. Los resultados mostraron que la vegetación parental que tiene origen en latitudes bajas comparte una distribución climática similar con sus espectros del polen. Así mismo, se ha notado que los taxa polínicos con síndrome de dispersión anemófila tienen una distribución a lo largo de gradientes climáticos más amplia que su vegetación parental, mientras taxa zoófilos presentaron una distribución a lo largo de gradientes climáticos más reducida que su vegetación parental. Este estudio ofrece herramientas importantes para la interpretación de los espectros de polen fósil, los cuales deberían abordarse desde la individualidad de los taxa encontrados.

Sesión regular

# **RIESGOS NATURALES**

Organizador:  
David Novelo

RN-1

## DETECCIÓN Y MONITOREO DE LOS DESLIZAMIENTOS A LO LARGO DE LA CARRETERA ESCÉNICA TIJUANA-ENSENADA MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE LA INTERFEROMETRÍA SAR SATELITAL

Gómez Palacios David, Sarychikhina Olga, Delgado Argote Luis y González Ortega Javier Alejandro  
 Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 dsunjianxin@gmail.com

La carretera escénica Tijuana-Ensenada se extiende a lo largo de casi 110 km en la costa noroeste de Baja California. La carretera fue construida en la década de 1960 y entró en operación en 1967. Actualmente forma parte de la autopista 1, que es el principal corredor de transporte en la península de Baja California. El sector de Salsipuedes de la carretera escénica Tijuana-Ensenada es propenso a deslizamientos de tipo rotacional por encontrarse sobre litologías inestables con fuertes pendientes, además de estar afectado por fracturas penetrativas. En esta zona los deslizamientos han sido un problema constante desde la apertura de la carretera. A pesar de la gravedad del problema, dichos deslizamientos no han sido monitoreados de forma continua debido a los altos costos y la difícil logística para hacerlo utilizando las técnicas terrestres tradicionales; tampoco se cuenta con un inventario de deslizamientos. La falta de una detallada historia de movimiento de ladera puede obstaculizar tanto la interpretación del fenómeno como su predicción. Así mismo, es común que se tomen decisiones erróneas al desarrollar las medidas de prevención y/o mitigación del riesgo causado por deslizamientos de ladera, por ejemplo, al aplicar técnicas de estabilización impropias. En este trabajo se investigaron las capacidades de las técnicas de interferometría SAR satelital: DInSAR y A-DInSAR, para la detección y el monitoreo de los movimientos de ladera a lo largo de la carretera escénica, en la zona de Salsipuedes. Se utilizaron las imágenes de ENVISAT ASAR de ambos pasos orbitales de 2003 – 2010. Los resultados obtenidos muestran que, a pesar de las limitaciones de las técnicas, éstas pueden ser utilizadas para la detección y monitoreo del movimiento del terreno. Se han identificado siete deslizamientos activos durante el periodo analizado. Con base en los resultados del procesamiento interferométrico se establecieron los límites de dichos deslizamientos, se obtuvieron sus parámetros geométricos y se cuantificaron sus tasas de desplazamiento. Las velocidades de desplazamiento (hasta 5.5 cm/año en dirección de LOS) permiten clasificarlos durante el periodo de estudio como muy lentos. Los resultados obtenidos con varias técnicas han mostrado que las tasas de desplazamiento no son constantes, mostrando aceleraciones y desaceleraciones importantes. La mayoría de los episodios de alta movilidad tiene buena correlación con las precipitaciones pluviales intensas.

RN-2

## ESTUDIO DEL FLUJO DETRÍTICO QUE DESTRUYÓ EL POBLADO DE MINATITLÁN, COLIMA EL 27 DE OCTUBRE DE 1959

García Adrián<sup>1</sup>, Saucedo Ricardo<sup>1</sup>, Sánchez Juan Manuel<sup>2</sup>, Macías Vázquez José Luis<sup>3</sup>, Silva Teodoro<sup>4</sup> y Villalpando Fabián<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD)

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán

<sup>4</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIDIIR), Unidad Michoacán  
 adrian.lmr@gmail.com

La evaluación de las amenazas naturales en zonas con inestabilidad de laderas tiene un papel fundamental dentro de la mitigación del riesgo, ya que hace posible la definición de escenarios basados en el registro y análisis de eventos pasados. Año tras año ocurren desastres alrededor del mundo que involucran la generación de Procesos de Remoción en Masa (PRM), en los cuales, las pérdidas económicas y humanas son muy elevadas. Tal es el caso de lo ocurrido en la cabecera municipal de Minatitlán, Colima, donde el 27 de octubre de 1959 se produjo un PRM que destruyó tres cuartas partes del pueblo, provocando la pérdida del 80% de los cultivos y la muerte de entre 200-300 personas. Este evento tuvo como principal factor de disparo las precipitaciones extremas que trajo consigo el impacto de un huracán categoría 4, donde tan sólo el 27 de octubre se presentó una precipitación de 236 mm (2.6 veces mayor que el promedio mensual en el período 1947-2016), lo cual, aumentó significativamente la saturación del terreno y la presión de poro en las rocas sedimentarias Cretácicas e intrusivas del Maastrichtiano-Paleoceno que conforman la cuenca activa de Minatitlán. Esta cuenca de 7 km<sup>2</sup> está constituida por los cerros La Otatera y Copales, teniendo como cause principal el arroyo El Bonete que cruza un abanico coluvial (2.9 km<sup>2</sup>) sobre el cual se encuentra asentado el pueblo de Minatitlán, por lo que es altamente propenso a ser impactado por este tipo de fenómenos en el futuro. Los aspectos texturales de los depósitos indican que el evento estuvo conformado inicialmente por una avalancha de escombros que cubrió un área de 0.35 km<sup>2</sup> con un alto contenido de megabloques (hummoks), esto dio paso a la formación de un flujo de escombros (H/L = 0.08) compuesto por al menos tres pulsos que cubrieron un área de 1.78 km<sup>2</sup> y con un volumen total de #6.1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. El conteo de componentes de los depósitos, muestra que la fuente del material involucrado en el PRM fueron grandes bloques de roca granodiorítica situadas en

la parte más elevada de la cuenca, los cuales, colapsaron por deslizamientos o volcaduras debido a la saturación y elevadas pendientes (40-70°). Por otra parte, un análisis hidro-morfológico mostró que actualmente existen cinco zonas principales de captación en la cuenca que podrían ser las áreas más susceptibles a futuros colapsos. Así mismo, por medio de simulaciones empleando el código de FLO2D y un Modelo Digital de Elevación (MDE) de alta resolución, se generó un mapa de peligros para la localidad de Minatitlán ante un escenario tipo 1959, el cual provee información acerca del posible impacto sobre la población que actualmente es de casi 10,000 habitantes (diez veces mayor que en 1959) y la cual, se encuentra asentada a sólo 3.3 km del área fuente de los PRM.

RN-3

## IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS GEOMECÁNICO DE TALUDES EN CANTERAS DE LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

Ramos Velázquez Ernesto, Flores Camacho Luis Francisco,  
 Cuevas Ceseña Angel Raul y Mayo Crispín Jassiel  
 Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
 eramos@uabcs.mx

Actualmente, la ciudad de La Paz experimenta un ritmo de crecimiento acelerado, principalmente relacionado con altas tasas de migración. Esto ha propiciado que la población se incremente significativamente, por ejemplo entre los años 2010 y 2015, la población pasó de 251,871 a 272,711. En sus inicios, la ciudad de La Paz se asentó sobre una planicie aluvial frente a la ensenada de La Paz, pero, a medida que la población fue creciendo se ocuparon áreas hacia el oriente, formadas por lomeríos y cerros compuestos por rocas volcánicas y volcanosedimentarias. A partir de los años 90's, el crecimiento fue principalmente hacia el sur, ocupando planicies aluviales y laderas de cerros aislados. El crecimiento acelerado de la ciudad ha generado presiones sobre el medio en el cual se asienta, como la demanda de los espacios mismos para construir, así como los materiales necesarios para ello, como son arena, grava y bloques de roca. Para solventar estas necesidades de materiales de construcción se recurrió a la apertura de canteras, en las cuales se extrajeron mediante voladuras con explosivos, grandes volúmenes de bloques de roca para su posterior trituración. En un principio, las canteras estuvieron ubicadas fuera de la zona urbana, pero actualmente se encuentran dentro de ella, con presencia de construcciones, principalmente de uso habitacional, localizadas muy próximas a ellas. En este trabajo se procedió a elaborar un inventario de los sitios con presencia de canteras, activas y abandonadas, en una primera etapa fueron localizadas 10 canteras mayores dentro de la zona urbana, de las cuales solo 2 se encuentran en explotación actualmente. Cada una de estas canteras será caracterizada de manera individual, con el objetivo de evaluar su posible grado de riesgo para la población asentada en su proximidad. También se evaluará el riesgo potencial a futuro, con base en el plan de desarrollo urbano propuesto para la ciudad. En una etapa inicial se obtuvieron imágenes aéreas de alta resolución de las canteras, mediante el uso de drones, con la finalidad de conocer mejor sus características físicas. Además, se realizó el análisis de indicadores geomecánicos en dos de las localidades, en taludes naturales y artificiales. Los análisis de los índices RMR y SMR muestran que los taludes artificiales son principalmente inestables, con fuerte influencia del tipo de roca explotada, una riolita compacta y con escasas fracturas naturales. Se interpreta también que las voladuras con explosivos tuvieron un efecto notorio en la inestabilidad de los taludes, generando un incremento en la densidad y espaciamiento de las fracturas.

RN-4

## ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN Y DE REMOCIÓN EN MASA EN RELIEVES VOLCÁNICOS Y SU RELACIÓN CON EL USO DE SUELO

Moreno Roso Sol de Jesús, Caballero García Ana María Lizeth y Mora Palomino Lucy Natividad  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 soldjmoreno@gmail.com

Los relieves de origen volcánico son particularmente susceptibles a la generación de procesos erosivos y de remoción en masa, debido a sus características geológicas y geomorfológicas. En el caso del volcán Nevado de Toluca (Estado de México), sus laderas han sido perturbadas por actividades antrópicas, especialmente la cuenca del arroyo El Zaguán, localizada en el sector Este del volcán, donde alrededor del 77% del área se encuentra bajo uso agrícola. En esta cuenca existen numerosas evidencias de erosión en superficie, como surcos y cárcavas, que afectan las zonas de cultivo, además, a lo largo de la barranca principal ocurren constantemente procesos de remoción en masa que ensanchan el cauce y aportan una gran cantidad de sedimentos, que son arrastrados aguas abajo por la corriente fluvial durante la temporada de lluvias. Lo anterior, genera avenidas que destruyen los gaviones de contención construidos por los pobladores e inundan la parte baja de la cuenca, afectando a los pobladores y sus actividades económicas. Por lo tanto, el presente trabajo se centró en estudiar los factores más importantes para el desarrollo de estos procesos geomorfológicos mediante un análisis geomorfológico, la interpretación de imágenes satelitales multitemporales y el estudio de las características de los suelos. A partir del análisis de esta información se generó un mapa de susceptibilidad a procesos erosivos. Los resultados indican que los surcos erosivos se desarrollan con mayor frecuencia sobre laderas de depósitos piroclásticos, en pendientes entre 5° a 25°, sobre suelos de tipo andosol con uso

agrícola. El mapa de susceptibilidad indica que el 51% del área de la cuenca tiene una susceptibilidad alta a muy alta a la generación de surcos erosivos. Las cárcavas, tienden a desarrollarse preferencialmente en pendientes entre 2° a 15°, en zonas con características similares a las de los surcos, pero donde además intervienen procesos subsuperficiales, en los que los flujos de agua erosionan el material piroclástico subyacente, generando tunelamiento y el posterior colapso de las capas superficiales. Los procesos de remoción en masa, ocurren primordialmente en barrancas escarpadas con depósitos piroclásticos, con márgenes asociadas a zonas de cultivo o deforestación, donde las paredes laterales del cauce colapsan constantemente por acción de la gravedad, como resultado de la socavación basal del río y la generación de diaclasas en las paredes de las barrancas a consecuencia de la infiltración y el escurrimiento superficial. Finalmente, el estudio de las propiedades físico-químicas y geotécnicas de los suelos indican que la deforestación ha generado la pérdida parcial del contenido de materia orgánica de los suelos, disminuyendo la estabilidad de sus agregados y sus límites de consistencia. Aunado a esto, su bajo contenido de arcilla, favorece el aumento de la susceptibilidad a la erosión, ya que disminuyen la cohesión de las partículas, facilitando su movilización por la escorrentía superficial, cuya acción erosiva es favorecida por la ausencia de cobertura vegetal. En conclusión, el desarrollo de zonas agrícolas sobre las laderas del volcán Nevado de Toluca es el factor más importante en el desarrollo de procesos geomorfológicos.

RN-5

### GESTIÓN DEL RIESGO EN PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA: EL CASO DE LA LOCALIDAD DE LAS PILAS, ZITÁCUARO, MICHOACÁN

García Equihua Lucia y Hernández Madrigal Víctor Manuel  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH  
lugaec@gmail.com

En la última década se registraron incalculables pérdidas económicas, humanas y ambientales durante los eventos del deslizamiento dique de San Juan Grijalva y procesos de remoción en masa en la Sierra del Norte de Chiapas (2007); deslizamiento y flujo de lodos en La Pintada y Costa Grande, Guerrero (2013); flujos de lodos, detritos e inundaciones en el Oriente de Michoacán (2010). Todo ellos con declaratoria de Desastre por parte de la Secretaría de gobernación. Tras los desastres ocurridos en el oriente de Michoacán por lluvias atípicas en febrero del 2010, la localidad de Las Pilas, Zitácuaro, Michoacán., asentada sobre una ladera y en el depósito de un antiguo deslave, presenta el estado activo de un proceso de remoción en masa complejo. Se calcula la vulnerabilidad, riesgo y peligrosidad presente en las viviendas ante este proceso. Se revisó el marco legal mexicano que asigna la atención ante desastres naturales a la institución de Protección Civil. Bajo el ejercicio político, movilizarse en auxilio post desastre resulta más eficaz, a pesar de los elevados costos económicos locales y nacionales que se generan. Así, el aumento en la pérdida de vidas humanas es favorecido entre otros, por la inadecuada planeación del territorio, el no incorporar la información emitida por la investigación en el país, nulas labores de mitigación en lugares de alto riesgo, y el desinterés de proporcionar información y capacitación a la sociedad que se encuentra vulnerable por algún fenómeno potencialmente peligroso. Ante tales circunstancias, la gestión local del riesgo surge como alternativa de las comunidades afectadas para conocer y convivir con el peligro; la implementación local de formas de prevención, mitigación o remediación; así como abatir la vulnerabilidad y en consecuencia el riesgo de desastre. En este trabajo presentamos resultados del estudio a la administración del riesgo municipal que se aplica ante un Proceso de Remoción en Masa activo en la comunidad de Las Pilas, Zitácuaro (Mich) por i) la administración pública de los tres niveles de gobierno, y ii) la implementación de un sistema de gestión local. Se concluye que la primera carece de organización, continuidad, transparencia y responsabilidad. Mientras que la segunda es una propuesta de gestión local ante riesgos de desastre por proceso de remoción en masa.

RN-6

### EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESPRENDIMIENTOS ROCOSOS EN EL CERRO DE SAN MIGUEL-ATLIXCO, PUEBLA

Sánchez Sánchez Ilse Nazareth, Soto Ramírez Daniel y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento, DITCo-BUAP  
ilsenazass06@gmail.com

El cerro de San Miguel se encuentra ubicado en el municipio de Atlixco, estado de Puebla, anualmente durante la época de lluvias la gente asentada en las partes bajas de dicha elevación topográfica reporta el desprendimiento de materiales rocosos que, si bien no han generado hasta el momento más allá de golpes en bardas, y el rodamiento de grandes cantos, ciertos puntos del macizo representan un riesgo potencial para los habitantes que se asientan a sus faldas. Durante la inspección de campo, en dirección a la capilla de San Miguel Arcángel (ubicada en la cima del cerro) se observaron numerosos desprendimientos de roca de tamaños muy variados (# 2 m), pero estos desprendimientos ya rodados estaban presentes dentro de algunas casas en las inmediaciones del cerro. En esta investigación se presentan los resultados de la zonificación realizada en esta región, a partir del análisis de distintas capas temáticas en combinación con el método multicriterio y el uso de una

matriz de pesos ponderados, y los trabajos de campo realizados, se han identificado 2 zonas potencialmente peligrosas denominadas SMZR-A y SMZR-B.

RN-7

### PELIGRO POR AGRIETAMIENTOS Y TERRITORIOS VULNERABLES EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO, MÉXICO

Suárez Plascencia Carlos<sup>1</sup>, Romo Aguilar María de Lourdes<sup>2</sup>, Escalona Alcázar Felipe de Jesús<sup>3</sup>, Anaya Corona Margarita<sup>4</sup>, Jalomo Aguirre Francisco<sup>5</sup> y Núñez Cornú Francisco Javier<sup>6</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Geografía y Ordenación Territorial/SisVoc, Universidad de Guadalajara  
<sup>2</sup>Colegio de la Frontera Norte  
<sup>3</sup>Facultad de Geología de la Universidad Autónoma de Zacatecas  
<sup>4</sup>Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara  
<sup>5</sup>Centro de Sismología y Volcanología de Occidente de la Universidad de Guadalajara  
carlos.csuarez@gmail.com

El municipio de Zapopan localizado en el estado Jalisco, México, desde hace 106 años ha registrado afectaciones por la recurrente formación de grietas durante la época de lluvias, afectando suelo natural, superficies agrícolas, áreas urbanas e infraestructura de caminos, generando daños cuantificables en los recientes dos eventos de en 1'000,000 dólares. Geomorfológicamente este territorio se ubica en zonas de interdigitación entre montaña y una planicie con una extensión de 202 km<sup>2</sup>, formadas por rellenos volcánico-sedimentarios. El origen de las grietas se puede asociar a factores de crecimiento urbano acelerado, lo que ha ocasionado el cambio de uso de suelo de una agricultura tradicional de temporal, ambos elementos convergen en un tercero que es una excesiva extracción de agua de su acuífero para uso urbano, industrial y agrícola, lo que afecta las condiciones de volumen del material sedimentario debido a la pérdida de humedad, lo que provoca su contracción y formación de grietas; el cuarto factor es un aparente control estructural de las grietas, las que tienen una orientación SW-NE y N-S, similar con el alineamiento estructural regional y el graben de Zapopan. El objetivo del trabajo plantea entender el origen del peligro por grietas en un área habitada por 147,809 personas en el año 2015, con una importante economía basada en la industria, el comercio y aun en una agricultura de temporal. Calcular su impacto socioeconómico y el grado de vulnerabilidad de su población con base en los datos proporcionados por dependencias gubernamentales como el INEGI, CONAPO y CONEVAL, proveen elementos que influyen en establecer políticas públicas tendientes a lograr un desarrollo urbano sustentable y de resiliencia de la población y actividades vulnerables en este territorio.

RN-8

### RESULTADOS PRELIMINARES: CARACTERIZACIÓN DE LA SUBSIDENCIA EN LA CD. DE ZAMORA, MICH.

Pérez Izazaga Eva y Hernández Madrigal Víctor Manuel  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT  
evap01674@gmail.com

Autores: 1Eva Pérez Izazaga evap01674@gmail.com 1Dr. Víctor Manuel Hernández Madrigal. viclandslide@gmail.com 1 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Gral. Francisco J. Múgica s/n, Edificio U, Morelia, México. La subsidencia diferencial es un fenómeno que afecta a diferentes; en México existen estudios de las ciudades de Morelia, Aguascalientes, Querétaro y Ciudad de México, mientras que en la Ciudad de Zamora no existen ningún estudio de este tipo. Tal fenómeno afecta a las estructuras, como edificios y calles, generando fracturamiento, grietas e incluso el colapso de edificios, dependiendo de la velocidad de hundimiento. La subsidencia del terreno es un acomodo –hundimiento- gradual o súbito de la superficie terrestre ocasionada por movimientos de los materiales del subsuelo, que pueden ser de diversos orígenes, uno de los principales es la extracción de recursos del subsuelo, provocando el reordenamiento de los materiales (por ejemplo: agua subterránea, minerales, entre otros). De manera general existen imágenes satelitales donde se observa el hundimiento de la ciudad de Zamora, debido a que la población de esta ciudad se dedica principalmente a la agricultura y persiste una extracción excesiva del manto acuífero. Este trabajo tiene una gran importancia ya que no existe cartografía de las fallas de la ciudad, ni caracterización de la subsidencia de Zamora. El objetivo principal de esta investigación es identificar y caracterizar la subsidencia en la ciudad de Zamora, Mich., a partir del reconocimiento y cartografía de rasgos morfológicos asociados al hundimiento diferencial, y cuantificación de la tasa de hundimiento mediante la implementación de técnicas geofísicas. Para cumplir dichos objetivos se realizará la cartografía de las fallas geológicas y un reconocimiento in situ de deformaciones asociadas al hundimiento diferencial y que afectan a la infraestructura pública y privada. Esta etapa será complementada con la implementación de un sistema de información geográfica (SIG). Posteriormente, se utilizarán métodos geofísicos (eléctricos), para realizar mediciones en diferentes temporalidades para así obtener la tasa de subsidencia de la ciudad, las afectaciones posibles e identificar los planos de fallas y los estratos del subsuelo; obteniendo un panorama diverso y completo del comportamiento de la subsidencia en la ciudad. Se han realizado dos salidas a campo, con las cuales se ha logrado identificar tres fallas geológicas normales, con dirección este-oeste, dos de ellas caen hacia el norte y una de ellas hacia el sur. Una de las fallas tiene una longitud de 400 metros, las otras dos miden 200 metros, aproximadamente, se realizó caminatas a lo largo de las

fallas, registrando la evidencia de las afectaciones del hundimiento diferencial de las zonas. Con esto se puede concluir que en la ciudad de Zamora existe subsidencia diferencial que ha evolucionado desde hace algunos años, ya que al observar las estructuras por donde pasan las fallas, se encuentran daños visibles, grietas de hasta 10 cm. Cabe destacar que la mayoría de las propiedades ubicadas en esta zona se encuentran abandonadas o en venta.

RN-9

## ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN POR EVENTOS DE PRECIPITACIÓN PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

Hernández-Luna Magdalena<sup>1</sup>, López-Espinoza Erika Danaé<sup>2</sup>, Fuentes-Mariles Oscar<sup>3</sup>, Morales-Rodríguez Hipólito Lorenzo<sup>3</sup>, Novelo Casanova David Alberto<sup>4</sup>, Hernández Hernández Aurora<sup>4</sup> y Hernández-Matínez Rosa Arizbeth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>4</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 magdahluna@ciencias.unam.mx

La urbanización está aumentando y está siendo una de las mayores transformaciones de nuestro planeta. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, a nivel mundial más personas viven en áreas urbanas que en rurales. Diversos estudios han demostrado que, cuando la urbanización se incrementa se generan alteraciones climáticas y meteorológicas en los patrones atmosféricos regionales y locales; estos debidos, en parte, al cambio de cobertura y uso de suelo. Aunado a lo anterior, la urbanización además de modificar y alterar el paisaje natural, aumenta el escurrimiento del agua que puede dar origen a la ocurrencia de inundaciones. Las inundaciones a nivel mundial han ido en aumento, en particular, en México son uno de los eventos más comunes, y uno de los fenómenos que causa más daños económicos en el país. En la Ciudad de México las inundaciones pluviales son frecuentes debido a diferentes causas como: el hundimiento constante de la ciudad, la obstrucción del drenaje por basura, el relieve, el crecimiento urbano, las construcciones cerca o sobre cuerpos de agua, así como por eventos de precipitación intensa (CONAGUA, 2011). En este trabajo se realiza un análisis de la precipitación acumulada diaria sobre la Ciudad de México a partir de datos observacionales para generar un mapa de peligro de áreas susceptibles a inundación. Basados en la metodología propuesta por Ellis et al. (2012) y Fuentes et al. (2016) se realizó el análisis sobre los periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. De acuerdo con nuestros resultados la alcaldía con una mayor cantidad de áreas inundadas es Iztapalapa con un tirante que va de 5 cm a 43 cm para el periodo de retorno de 10 años. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECTEI, Folio No. 2941). Referencias: -Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2011). Manual para el control de inundaciones. -Ellis, E. A., Romero, J. A., Hernández, I. U., Gallo, C. A., & Alanís, J. L. (2012). Evaluación geográfica de áreas susceptibles a inundación en la cuenca del río Tuxpan, Veracruz. Avances en Investigación Agropecuaria, 16(1). -Fuentes, O. A., De Luna, F., Velez, L. & Sánchez, J. A., (2016). Inundaciones pluviales y fluviales y análisis del riesgo considerando viviendas, XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica Lima, Perú.

RN-10

## DETECCIÓN DE ZONAS INUNDADAS CON IMÁGENES SAR RADARSAT-2

Soria-Ruiz Jesus<sup>1</sup> y Fernandez Ordoñez Yolanda M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP  
<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas - Campus Montecillo  
 soria.jesus@inifap.gob.mx

El radar de apertura sintética (SAR) está siendo utilizado para la investigación geoespacial, con alto potencial para su uso en regiones de nubosidad continua, ya que tiene la capacidad de penetrar la capa de nubes y bruma y dar seguimiento a fenómenos muy dinámicos como los eventos extremos, los cuales son cada vez más recurrentes [1]. Entre las aplicaciones del radar más relevantes en la actualidad, está el monitoreo y evaluación de las inundaciones [2]. Según [3] las inundaciones y los deslizamientos de tierra representan el 55% del total de desastres reportados en todo el mundo, con un alto impacto humano (177 millones de víctimas) causando grandes daños, con un estimado en pérdidas económicas de 24.5 mil millones de dólares a nivel global. El estado de Tabasco es una entidad geográfica que sufre de inundaciones recurrentes, con impacto perjudicial a la agricultura, ganadería y la infraestructura de servicios, con daños importantes en la economía de la región. Las inundaciones se generan debido a dos factores: a) las áreas de captación de lluvias reportan los índices más altos de lluvia en México; b) el 89% de la superficie de terreno de Tabasco es plano. Estos factores generan un alto caudal en los ríos Grijalva y Samaria, cuyos afluentes se desbordan y provocan inundaciones significativas en su trayecto. El trabajo de investigación se realizó en 2017 cuyo objetivo fue determinar el comportamiento de las inundaciones en un área del estado de Tabasco, utilizando imágenes de Radarsat-2 banda C y polarización dual. Los niveles de precipitación registrados alcanzaron un acumulado de 2,013.9 mm, cuyos meses más lluviosos fueron septiembre y octubre provocando inundaciones considerables. Se generó una metodología para la detección de zonas inundadas en dos periodos del año (lluvia y sequía). Los productos cartográficos

de áreas inundadas, cuerpos de agua y humedales se reportan según tipo de polarización de la imagen de radar. Se obtuvo el nivel de precisión de los resultados alcanzados mediante un análisis kappa; así como la detección de zonas susceptibles de inundación con datos LiDAR. Palabras clave: Imágenes SAR, Radarsat-2, inundaciones, Tabasco, México. Literatura citada: [1] Soria-Ruiz & Fernández-Ordoñez YM. (2019). Sentinel-1A SAR images to detect flooding areas in south eastern Mexico. Proceedings International Geosciences and Remote Sensing Symposium (GRSS-IEEE-2019), pp: 6852-6855. Yokohama, Japan. ISBN: 978-1-7281-0691-5. [2] Jahncke, R., Leblon, B., Bush, P. & LaRocque, A. (2018). Mapping wetlands in Nova Scotia with multi-beam RADARSAT-2 Polarimetric SAR, optical satellite imagery, and Lidar data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 68. 10.1016/j.jag.2018.01.012. [3] Scheuren J-M, de le Polain, O. Waroux, R. Below. (2008) Annual disaster statistical review – the number and trends 2007. Center for Research of the Epidemiology of Disasters (CRED). Jacoffsset Printers, Melin, Belgium.

RN-11

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE DISTINTAS FUENTES ESPACIALES DE INFORMACIÓN POR INUNDACIÓN PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

López-Espinoza Erika Danaé<sup>1</sup>, Hernández-Luna Magdalena<sup>2</sup>, Fuentes-Mariles Oscar<sup>3</sup>, Hernández-Hernández Aurora<sup>4</sup> y Novelo Casanova David Alberto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>4</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 danae@atmosfera.unam.mx

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), un atlas de riesgos es un sistema que integra información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno. La elaboración de esta herramienta es útil en la toma de decisiones públicas, ya que proporciona información del territorio. Entre la información que proporciona un atlas se incluyen los mapas de peligros por fenómenos naturales. Las inundaciones son uno de los eventos más comunes en México y uno de los fenómenos naturales que causa más daños económicos en el país. Actualmente, existen diferentes mapas de peligro por inundación, así como inventarios con información espacial de inundación para la Ciudad de México. Si bien, las metodologías para obtener los mapas de peligro o inventarios para inundaciones son diversas, el objetivo principal que es determinar los puntos o áreas de peligro por inundación prevalece. Consideran lo anterior, en este trabajo se realizó una comparación de las diferentes fuentes espaciales de puntos y áreas de inundación para la Ciudad de México con el objetivo de analizar sus consistencias y discrepancias.

RN-12

## ESTIMACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO EN CUATRO ALCALDÍAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Juárez Sánchez Andrea y Novelo Casanova David Alberto  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 andjs15@gmail.com

En los últimos años, uno de los elementos que han tomado mayor relevancia dentro de la medición del riesgo por fenómenos de origen natural es la percepción del riesgo debido a que la medición del mismo permite identificar los niveles de conocimiento que posee una comunidad respecto a la ocurrencia de eventos de origen natural que puedan llegar a impactar el lugar en el que viven. Sobre todo, al cómo enfrentan los habitantes estos fenómenos. De esta manera, si una población determinada cuenta con niveles bajos de percepción respecto a un fenómeno natural con potencial de daño, la probabilidad de daños es mayor si éste se desarrolla. En esta investigación, se presentan los niveles de percepción del riesgo de las alcaldías Álvaro Obregón, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero e Iztapalapa de la Ciudad de México. Los datos para la estimación del nivel de percepción del riesgo se obtuvo a través del levantamiento de encuestas realizadas en cada alcaldía de estudio. La encuesta está integrada por 16 reactivos para obtención de información general de la población encuestada y 29 reactivos para la medición de la percepción local. En el presente trabajo, algunos de los resultados obtenidos son los siguientes: a) El nivel de estrato social de los encuestados; b) El reconocimiento de los niveles de exposición de la población encuestada respecto a los fenómenos de mayor ocurrencia en su localidad; c) La capacidad de la población para enfrentar una emergencia o desastre; d) El conocimiento de programas y/o instituciones que existen en su localidad para la mitigación de riesgos. Asimismo, se compara los resultados entre demarcaciones con el fin de determinar que alcaldía cuenta con un nivel de percepción de riesgo alto. Con los resultados obtenidos, es posible implementar programas de mitigación más realistas, enfocados a desarrollar acciones que permitan la mitigación de los niveles de riesgo. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECTEI, Folio No. 2941 y el Centro Nacional de Prevención de Desastres, Registro 51419-479-15-II-18).

RN-13

## CALIDAD DEL AIRE INTERIOR DE EDIFICIOS EDUCATIVOS Y RESIDENCIALES, EN LA CIUDAD DE MÉXICO

García Rocío<sup>1</sup>, López Moisés<sup>1</sup>, Andraca Ayala Gema Luz<sup>1</sup> y Tamayo Sebastian<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
rgm0912@hotmail.com

El presente estudio se realizó en dos edificios educativos y una casa residencial. Se midieron seis compuestos carbonilos (formaldehído, acetaldehído, acroleína, acetona, propionaldehído y benzaldehído), se midieron en un periodo de tiempo de 10:00 a 14:00 h. El interés por mantener una buena calidad del aire interior en ambientes intramuros es el principal objetivo y preocupación pública ya que la gente pasa más del 70% de su tiempo dentro de estos ambientes. Se calculó el Índice de Riesgo Total (IRT) para personas basado en la comparación de las concentraciones ambientales diarias con la inhalación crónica promedio y la concentración de referencia. Así mismo, se calculó la exposición calculada alérgicos totales expresándose como dosis de exposición (PD), el alérgico que mostró las mayores concentraciones en interior fue el formaldehído en un periodo de tiempo de 10:00 a 14:00 h. El análisis de la razón de riesgo total clasifica a uno de los edificios de oficinas de alto riesgo peligroso para la salud de las personas expuestas. El IRT se obtuvo aplicando el método del índice canadiense (AQHI, Air Quality Health Index), que utiliza una escala del 1 al 10+, el 1 representa el "riesgo más bajo" y el 10+ "riesgo muy alto". Se analizan los resultados para cada lugar de muestreo en función de sus características: ventilación, materiales de construcción, fuentes internas y actividades de los ocupantes.

RN-14

## EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA RELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD SÍSMICA Y LAS ANOMALÍAS DE CAMPOS POTENCIALES EN EL ESTADO DE TABASCO UTILIZANDO DATOS GEOFÍSICOS DE ACCESO LIBRE

Guzmán de la Cruz Miguel Ángel y Fuentes Arreazola Mario Alberto  
Universidad de Guadalajara, UDG  
m.guzdlc@gmail.com

Generalmente las regiones con potencial presencia de recursos naturales de interés económico, tienen mínimo o nulo acceso público a información geofísica detallada; sin embargo, estos recursos no son los únicos prioritarios para la sociedad. Por otro lado, es ampliamente reconocido que la disponibilidad de información geofísica permite también evaluar la vulnerabilidad de la población a distintos fenómenos naturales. El estado de Tabasco es clasificado como una región peninsular, es decir, zona con actividad sísmica poco frecuente e intensidad intermedia; es por ello que, el origen de dicha actividad ha sido poco estudiado. En este trabajo integramos un conjunto de datos geofísicos de acceso libre y exploramos la posibilidad de que la actividad sísmica esté asociada a las principales estructuras geológicas de la región. La base de datos estuvo constituida por el registro de eventos sísmicos acontecidos en la región desde 1974 disponible en la página web del Servicio Sismológico Nacional. La geología y estructuras sobresalientes fueron obtenidas del Servicio Geológico Mexicano. Adicionalmente, se obtuvo la anomalía gravimétrica de aire libre a partir de la malla de datos gravimétricos globales del Instituto de Oceanografía de la Universidad de California, Scripps. Mientras que la anomalía magnética de intensidad de campo total fue obtenida de la malla de anomalía magnética terrestre de la Organización Geomagnética del Instituto Cooperativo para la Investigación de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Colorado. La información recolectada fue integrada, procesada y visualizada utilizando las Herramientas Genéricas para Mapeo, (Generic Mapping Tools, siglas en idioma inglés). Los resultados preliminares mostraron alta correlación positiva entre la localización de los eventos sísmicos y los límites de las principales estructuras geológicas definidas por las anomalías gravimétricas y magnéticas. Lo anterior sugiere tentativamente, que la dinámica de dichas estructuras podría ser el origen de la actividad sísmica registrada en el estado de Tabasco.

RN-15

## MICROSISMOS DE JULIO 2019 EN LA CDMX Y MACROSUSTO. EL CONOCIMIENTO Y LA PREVENCIÓN SÍ IMPORTAN

Valdés González Carlos Miguel<sup>1</sup>, Zepeda Ramos Oscar<sup>2</sup> y Quintanar Robles Luis<sup>3</sup><sup>1</sup>Centro de Estudios Mexicanos, UNAM - Costa Rica<sup>2</sup>Dirección General de Protección Civil<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

carlos.valdes@unam.mx

Entre el 12 y 18 de julio de 2019, ocurrieron 20 microsismos, con magnitudes entre 1.5 y 3, y profundidades de 1 a 3 km, los cuales fueron fuertemente sentidos en la zona centro poniente de la Ciudad de México (CdMX). Los sismogramas del Servicio Sismológico Nacional, indican amplitudes muy altas que corresponde a un poco más de 1G de aceleración (componente vertical) para la estación MHVM (Miguel Hidalgo), ubicada a menos de 1 km del epicentro de mayor magnitud. El

mayor sismo ocurrió el 16 de julio de 2019, a las 22:59 (Hora Local), 6 microsismos más siguieron en menos de una hora cinco minutos, con magnitudes: 2.7, 2.6, 2.2, 2.4, 2.4 y 2.4, en ese orden de ocurrencia respectivamente. Estos microsismos se caracterizan por su corta duración (5-10 segundos) y desplazamientos verticales muy impulsivos. Usando el Atlas Nacional de Riesgos, en un círculo de 4 km de radio, centrado en el epicentro, encontramos una población de 529,055 habitantes (10,526 habitantes por km<sup>2</sup>), de los cuales 106,327 son niños/niñas menores de 12 años, y 61,316 adultos mayores de 60 años. La infraestructura en esta zona corresponde a: 161,443 viviendas, 84 establecimientos de salud, 497 escuelas, 149 supermercados, 26 hoteles, 156 bancos, 27 gasolineras, 10 presas, 171 colonias y 334 sitios reconocidos como museos, sitios arqueológicos e históricos, reconocidos por el INAH. A pesar de la intensidad de los sismos, y de los bienes expuestos, no se reportaron daños ni heridos, pero sí preocupación y pánico, sobretodo por la hora de ocurrencia del M3 y la sucesión de microsismos. En minutos las redes sociales viralizaron la ocurrencia de los sismos. No sonó la alerta sísmica de la Ciudad de México, porque la magnitud del sismo no rebasó 5.5, para activarse. Varias posibles causas comenzaron a circular para explicar estos microsismos: la construcción de la Línea 12 del Metro, recientes construcciones grandes y profundas en la zona, y la explotación del acuífero de la CdMX. Especialistas y funcionarios de los tres órdenes de Gobierno, explicaron que los sismos se deben a reactivación de fallas geológicas por debajo de la CdMX. Una microsismicidad similar se presentó 38 años antes (4-20 de febrero 1981), a 2 Km al sur de la actual zona epicentral. Con magnitudes entre M3.1-3.4 e intensidades de IV-V. Lo cual claramente descarta, como causante de los microsismos recientes, la construcción de la Línea 12, los nuevos edificios y la sobreexplotación del acuífero. No se puede descartar la posibilidad de sismos mayores, de hasta M4, que liberarían 30 veces más energía que los actuales. Las consecuencias de dicha magnitud, debe considerarse como posible generadora de daños. La propuesta de más estaciones de monitoreo es importante, así como la modificación del Reglamento de Construcción para movimientos verticales de alta frecuencia, pero más aún la concientización de las personas y la práctica continua de acciones preventivas ante estos microsismos.

RN-16

## CURVAS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA TECHOS ANTE CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA. CASO DE ESTUDIO: UNIÓN JUÁREZ, CHIAPAS

Hernández Bello María Guadalupe<sup>1</sup> y Novelo Casanova David Alberto<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
bluestar\_06@hotmail.com

Las erupciones volcánicas pueden llegar a desencadenar desastres directos e indirectamente debido a que afectan la vida, salud, actividades y pertenencias de las personas. Las erupciones de tipo explosivo expulsan fragmentos de pómez, roca sólida, ceniza y gases volcánicos. El material emitiendo durante las erupciones de tipo explosivo forma una columna eruptiva vertical que alcanza en pocos minutos varios kilómetros por encima del volcán. Este material puede clasificarse de acuerdo con su tamaño en ceniza (<2 mm), lapilli (2-64 mm), bloques y bombas (>64 mm). La acumulación de lapilli y ceniza en zonas cercanas y lejanas al centro eruptivo tienen el potencial de provocar el colapso de los techos de casas y edificios. Por esta razón, en el presente estudio se analizan las características estructurales de los techos de la cabecera del Municipio de Unión Juárez, localizada en el estado de Chiapas, ante la caída de ceniza proveniente de una erupción del volcán Tacaná. El objetivo de la presente investigación es desarrollar un método para la estimación de la vulnerabilidad estructural de techos de viviendas por sobrecarga debido a la caída de ceniza volcánica. La evaluación de la vulnerabilidad estructural permite estimar el grado de daño probable. Como parte del estudio, se realizó un vuelo con un dron sobre la cabecera del municipio de Unión Juárez. Como resultado, se analizaron 1989 fotos y 48 puntos de control utilizando el programa Pix4D, para posteriormente realizar una ortofoto con la cual se determinó el tipo de techo de cada vivienda las cuales fueron clasificadas y agrupadas en viviendas tipo. Se establecieron relaciones de daño con base a la tipología, distancias entre apoyos y estado de conservación. Con esta información se desarrollaron diferentes curvas de vulnerabilidad para las tipologías obtenidas. Para cada tipo de vivienda se estimó su comportamiento estructural al aplicarse una carga con un espesor de ceniza de 1, 3, 5, 10, y 30 cm. Los resultados obtenidos se representan espacialmente en un Sistema de Información Geográfica. Proyecto desarrollado con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (PAPIT No. IN111217)

RN-17

## VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO. CASOS DE ESTUDIO: ALCALDÍA CUAUHTÉMOC Y ALCALDÍA IZTAPALAPA

Ponce Pacheco Ana Bertha<sup>1</sup> y Novelo Casanova David Alberto<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
riesgos2014@gmail.com

Evaluar la vulnerabilidad estructural de un inmueble puntual y generar curvas de vulnerabilidad o ajustar las condiciones de dicho inmueble a curvas de vulnerabilidad existentes no es un problema trivial y requiere de información específica y detallada de la estructura analizada y sus condiciones físicas como son material de construcción, cimentación, elementos estructurales como vigas y columnas. Estos son algunos de los aspectos que se toman en cuenta para este tipo de evaluación. Estimar la vulnerabilidad estructural en comunidades rurales implica problemas derivados principalmente de la conformación de los lotes o viviendas, ya que la mayoría de las ellas están conformadas por más de una estructura y sus características estructurales dependen de las características socioculturales de la región que se analice. El caso de la Ciudad de México (CDMX) es particularmente complejo debido a que la diversidad de las viviendas es tan amplia que evaluar la vulnerabilidad en base a curvas de vulnerabilidad para cada estructura es complicado. En la presente investigación, con el propósito de determinar la vulnerabilidad estructural de las viviendas de la CDMX, se dividió geográficamente la CDMX en función de tipologías de vivienda bajo la premisa de que existen zonas sectorizadas, no solamente por niveles socioeconómicos sino también por tipologías constructivas derivadas de cuestiones socioculturales y temporales. Se identificaron zonas conformadas en su mayoría por casonas o casas antiguas, zonas ocupadas por unidades habitacionales de edificios entre 3 y 5 pisos, zonas desarrolladas por inmobiliarias y zonas de autoconstrucción. En este trabajo, se presentan los resultados del análisis realizado para las alcaldías Cuauhtémoc e Iztapalapa de la CDMX considerando la vulnerabilidad estructural ante sismos, inundaciones y subsidencia. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECTEI, Folio No. 2941).

RN-18

## ATLAS DE LA ALCALDÍA DE TLALPAN. RESULTADOS DE LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y UNA NUEVA PROPUESTA EN LOS LÍMITES DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Reyes Pimentel Thalía Alfonsina<sup>1</sup>, Santos Clemencia<sup>2</sup> y Cárdenas-Soto Martín<sup>1</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geografía, UNAM  
thalia.reyes@gmail.com

La Alcaldía de Tlalpan se ubica en el extremo sur de la CDMX. En su territorio, se encuentran los tres tipos de suelo clasificados en la CDMX: Lomas, Transición y Lago. Cuenta con una densidad poblacional de 677,104 habitantes localizados principalmente en la zona norte. El territorio total de la Alcaldía es de 312 km<sup>2</sup> donde el 84% corresponde a suelos de conservación. Debido a la complejidad del terreno en la zona, el sismo del 19 de septiembre de 2017 generó daños y afectaciones considerables en un gran número de estructuras y casas habitación con colapsos parciales e incluso totales. Como parte del análisis de riesgo sísmico necesario para el desarrollo del Atlas de la Alcaldía, se realizaron estudios de microzonificación sísmica a partir de registros de vibración ambiental. El estudio muestra que las mayores variaciones en respuesta sísmica se ubican en la parte norte del territorio coincidiendo con las zonas de mayor afectación por el sismo y en terrenos delimitados como Lago y Transición. Adicionalmente, se realizaron tomografías eléctricas en aquellas zonas donde se observó una mayor variación de respuesta del terreno en las curvas de isofrecuencias, dichos estudios confirmaron contrastes litológicos importantes que pudieron ser detonantes a la respuesta del terreno al momento de un sismo y cuyo origen puede ser natural o antropogénico. A partir de los resultados obtenidos, se hace una propuesta para definir con mayor precisión los límites entre las diferentes zonas geotécnicas dentro de la Alcaldía, lo que daría lugar a una mayor precisión y rigor en el reglamento de construcción en esas zonas con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad estructural del área.

RN-19

## VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS, INUNDACIONES E INCENDIOS EN LA CDMX

Olmedo Velázquez Paola Anahí y Novelo Casanova David Alberto

Instituto de Geofísica, UNAM  
pao\_pot93@hotmail.com

Debido a la posición geográfica, la ciudad de México (CDMX) se encuentra expuesta a diferentes fenómenos de origen natural los cuales por sus diferentes impactos en la sociedad son importantes de estudiar. La CDMX cuenta con una población creciente que requiere de viviendas y espacios adecuados para resistir el impacto

de los diferentes fenómenos a los que está expuesta. Por este motivo, el análisis de la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante diferentes eventos extremos de la naturaleza es de vital importancia. En el presente trabajo se analizaron las características estructurales de las viviendas que las condicionan a ser dañadas por sismos, inundaciones e incendios forestales. Es decir, se establecieron los parámetros para estimar el nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas en la CDMX ante los fenómenos de origen natural antes señalados. Se seleccionaron sitios de estudio en las alcaldías de la CDMX y se realizaron trabajos de campo con el propósito de recaudar la información acerca de las características estructurales de las viviendas (material de la construcción, cimentación, dimensiones, etc). Se consideraron cinco niveles de vulnerabilidad estructural clasificados desde "Muy bajo" hasta "Muy Alto". La vulnerabilidad estructural para cada clase de peligro analizado, es representada espacialmente en un Sistema de Información Geográfica. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECTEI, Folio No. 2941).

RN-20

## ZONIFICACIÓN DEL RIESGO POR TSUNAMI LOCAL EN PUERTO VALLARTA

Trejo Elizabeth<sup>1</sup>, Núñez Cornú Francisco Javier<sup>1</sup> y Ortiz Modesto<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UdG<sup>2</sup>CICESE  
elyt@cuc.udg.mx

El área de estudio se ubica en El Bloque de Jalisco, una región tectónicamente activa del occidente de México. El objetivo del estudio fue estimar el riesgo en la Ciudad de Puerto Vallarta por el peligro potencial de un tsunami local después de un terremoto de gran magnitud con epicentro en la brecha sísmica de Vallarta. Se utilizó un modelo sintetizador de tsunamis para el cálculo del recorrido y run up en 24 comunidades, ubicadas en Jalisco y Nayarit, generado después de un terremoto Mw 8.0, con un epicentro en la Bahía de Banderas y dislocaciones > 2 m. Para determinar el peligro por inundación en Puerto Vallarta se utilizó un modelo digital del terreno con celdas de 4m<sup>2</sup>, por lo que la inundación más probable en el modelo fue para una altitud hasta 9 m, esto significa que el agua de mar tierra adentro probable estimada fue hasta una distancia > 4 km de la línea de costa en los valles de los ríos Ameca y Pitillal, con una altura > 3 m en algunos sitios. La zona de afectación total en el área de estudio se midió en 28 km<sup>2</sup> aproximadamente. Posteriormente se analizó la vulnerabilidad en Puerto Vallarta para la población con variables sociodemográficas disponibles para el año 2010-2015 y para 320 instalaciones públicas vitales. El área con mayor vulnerabilidad es la porción norte del municipio, donde el uso del suelo ha favorecido el establecimiento de servicios turísticos, el comercio y la vivienda de alta densidad muy próximo a la playa. La estimación del riesgo fue la vulnerabilidad en cuatro rangos de altitudes, desde 0 hasta 20 m, con diferentes valores de probabilidad de afectación, para el caso de estudio la probabilidad más alta se calculó para altitudes # 5 m; en este caso, los datos de vulnerabilidad se multiplicaron con el valor 1. Para la zonificación del riesgo en Puerto Vallarta se representó en una imagen para cinco de las ocho microcuencas del municipio: Ameca, Salado, Pitillal, Camarones y Cuale.

RN-21

## VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE CENIZA, FLUJOS DE LAVA, AGRIETAMIENTOS Y SUBSIDENCIA Y PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Hernández Bello María Guadalupe<sup>1</sup> y Novelo Casanova David Alberto<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
bluestar\_06@hotmail.com

La Ciudad de México según la ONU, es la quinta ciudad más poblada del planeta. Cuenta con 2,599,081 viviendas (INEGI,2015) y por su ubicación geográfica e historia geológica se encuentra expuesta a sufrir daños por diversos fenómenos de origen natural. En este trabajo, se evaluó la vulnerabilidad estructural ante los peligros de subsidencia, agrietamientos, caída de ceniza, flujos de lava y procesos de remoción en masa en sitios de interés dentro de 12 de las 16 alcaldías que conforman la CDMX. En cada alcaldía se seleccionó un sitio de estudio que ha sido afectado en el pasado por alguno de los fenómenos mencionados anteriormente. Para el levantamiento de la información, se realizaron encuestas, sobre las características de la estructura (material de construcción de los muros, número de niveles, material del techo, localización en el paisaje, cimentación, etc). Se realizó un muestreo estadístico con selección aleatoria dentro de los polígonos de interés. Posteriormente, a cada pregunta de la encuesta se le asignó un peso aplicando el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). Finalmente, se obtuvo el valor de la vulnerabilidad estructural para cada vivienda respecto a cada uno de los peligros de estudio. Los resultados del análisis de la vulnerabilidad estructural ante el probable proceso eruptivo debido al nacimiento de un volcán en la Sierra de Chichinatzin demuestra que la zona de Magdalena Contreras, Tlalpan y Xochimilco tienen una vulnerabilidad muy alta debido a que los flujos de lava que se esperan del centro de emisión serían de 3m, lo cual afectaría a todas las estructuras debido a la densidad,

el grosor, y la temperatura de la lava. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECTEI, Folio No. 2941).

RN-22

## AVANCES EN EL DESARROLLO DEL ATLAS DE RIESGOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Novelo Casanova David Alberto  
Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, IGF-UNAM  
dnovelo@geofisica.unam.mx

Los Atlas de Riesgos "Son instrumentos que sirven como base del conocimiento del territorio y de los peligros que pueden afectar a la población y a la infraestructura de una determinada comunidad". Más recientemente se ha definido como "Sistemas que integran información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno". El Instituto de Geofísica, en colaboración con investigadores de los Institutos de Geología e Ingeniería así como del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, se encuentra actualmente desarrollando una plataforma de datos para la evaluación del riesgo de la Ciudad de México. Este instrumento se desarrolla en el concepto amplio de que el riesgo está constituido por tres elementos: peligro, vulnerabilidad y exposición. Se considera el peligro que representan siete fenómenos de origen natural: volcanes, sismos, inundaciones, incendios forestales, subsidencia, agrietamiento y procesos de remoción en masa. La vulnerabilidad socioeconómica y la vulnerabilidad estructural son parte de los elementos considerados en este proyecto para la estimación del riesgo para diferentes períodos de retorno. Como bienes expuestos se toman en cuenta la infraestructura urbana básica como son los hospitales, las escuelas, etc. El propósito de la plataforma es proveer los elementos necesarios para implementar acciones de prevención para la reducción del riesgo incluyendo el uso del suelo y el desarrollo urbano. Se presentarán los avances en la estimación del peligro y riesgo que representan para la ciudad de México los fenómenos de estudio. El proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX (SECTEI, Folio No. 2941).

RN-23

## EVALUACIÓN DE RIESGO ASOCIADO AL CAMBIO DEL USO DEL SUELO EN LA COMUNIDAD DE SAN BERNARDINO CHALCHIHUAPAN OCOYUCAN, PUEBLA

Soto Ramírez Daniel, Sánchez Sánchez Ilse Nazareth y Muñoz Máximo Ignacio  
Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento, DITCO-BUAP  
roidan1903@gmail.com

La comunidad de San Bernardino Chalchihuapan se localiza en el municipio de Ocoyucan, estado de Puebla. Durante las últimas dos décadas ha experimentado un crecimiento demográfico en más del 50%, lo que ha causado que la construcción de viviendas irregulares, generando un cambio del uso del suelo la mal planificado. Ello no solo a implicado en el aumento en la demanda hídrica, sino también un deterioro en los pasos naturales de agua, un ejemplo es la barranca Capultitla que atraviesa parte de la población, en la cual no se tiene un censo de descargas, existen asentamiento a sus márgenes y además actualmente los pobladores la utilizan para arrojar sus residuos sólidos urbanos (RSU). Otro factor que ha aumentado la vulnerabilidad, es el relleno de barrancas sobre las cuales actualmente se han construido algunas viviendas. Por otra parte, los cerros de Cuautenca y Xiltlala mismos que bordean a la comunidad, han presentado algunos desprendimientos rocosos, durante la época de lluvias, donde el aumento de la escorrentía en las laderas alcanza su máximo anual de precipitación (~950 mm). En la partes altas de los cerros de Cuautenca y Xiltlala, se localizan la iglesia de Cristo Rey y el panteón de la comunidad (respectivamente), ambos son visitados constantemente por la población, que se expone a un desprendimiento de algunos fragmentos rocosos, que si bien no ha pasado de algún golpe, no exime la posibilidad de un riesgo mayor. En esta investigación con el uso combinado del método aeromagnético, el uso de sistemas de información geográfica así como de trabajos de campo, se presenta una propuesta de los potenciales riesgos naturales asociado al cambio del uso del suelo.

RN-24

## MODELACIÓN NUMÉRICA DE INESTABILIDAD DE LADERAS UTILIZANDO DATOS SÍSMICOS

Ramírez Guzmán Ángel Andrés<sup>1</sup>, Pola Villaseñor Antonio<sup>2</sup> y Vázquez Rosas Ricardo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

<sup>2</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores campus Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
angel.ragu21@gmail.com

En el estudio de los procesos de inestabilidad de taludes y laderas en macizos rocosos intervienen una gran cantidad de parámetros del entorno que deben ser considerados. La geomorfología, la geología, el clima y la tectónica (local y regional) de la zona de estudio son algunos de los más importantes. Por otro lado, las características propias de los macizos rocosos juegan un papel de igual o mayor importancia que las características del entorno. El comportamiento geomecánico de las mazas rocosas que componen una ladera se ve afectado por distintos factores,

como la génesis de la roca, la ubicación espacio-temporal de las distintas unidades de roca y en gran parte por las propiedades geomecánicas de las discontinuidades y la roca intacta. La región sur del lago de Cuitzeo es un claro ejemplo de procesos de inestabilidad generados por un comportamiento geomecánico pobre en las unidades de roca así como una tectónica local activa en un régimen de extensión que ha generado serie de fallas normales. La zona está principalmente compuestas por depósitos ignimbriticos y flujos de lava. En esta investigación se realizó un modelo numérico de un deslizamiento antiguo que cubre un área de aproximadamente 2.0 km<sup>2</sup> y 200 m de altura, con el objetivo de entender el comportamiento geomecánico de las mazas rocosas que está generando las inestabilidades en la zona. Mediante trabajo de campo se reconstruyó la estratigrafía de la zona antes del deslizamiento y se utilizó el sistema GSI para caracterizar la calidad de los macizos rocosos y el criterio de rotura Generalizado de Hoek and Brown para obtener los parámetros característicos del macizo rocoso (#; c) que fueron utilizados en la modelación numérica con Plaxis 2D and GeoSlope. Se analizaron cuatro escenarios distintos, en estos se incluyeron un análisis estático, dinámico, precipitación y dinámico+ precipitación. Los resultados del trabajo de campo indican que la estratigrafía está compuesta por distintas facies de productos ignimbriticos y flujos de lava con una densidad de fracturamiento muy alta. Debido a esto, el mecanismo de falla que domina en la zona es el correspondiente a falla general, que es similar a las fallas en suelos. El grado de soldamiento de las distintas litofacies es variable y consecuentemente las propiedades geomecánicas de la roca intacta se ven afectadas. En la caracterización geomecánica mediante GSI y la utilización del criterio de rotura Generalizado de Hoek and Brown se obtuvieron valores de GSI= 25-55 y valores aproximados de de #: 42° y c: 0.18-0.60 MPa como parámetros característicos del macizo rocoso. Los factores de seguridad obtenidos de los distintos escenarios apenas sobrepasan la unidad, estos valores solo descienden por debajo de uno cuando se considera una aceleración sísmica mayor a los 0.30 g. Se concluye por lo tanto, que los procesos de inestabilidad en la zona son controlados por el fracturamiento de la zona y detonados por aceleraciones sísmicas.

RN-25 CARTEL

## ESTUDIO DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL, APLICADO A LA ZONA DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO

Figueroa Salgado Juan Enrique<sup>1</sup>, Marc de Plaen Raphael Serge<sup>1</sup>, Quinteros Cartaya Claudia<sup>2</sup>, Núñez Cornú Francisco Javier<sup>2</sup> y Sandoval Hernández Juan Manuel<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UDG  
<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara  
juanenriquefs@hotmail.com

Zapopan, Jalisco., se encuentra dentro del Bloque de Jalisco (BJ), es el segundo municipio más grande del Estado y octavo más grande del País. Este municipio es una de las localidades más importantes en cuanto a urbanización se refiere. Geodinámicamente hablando, es de suma importancia ya que está dentro de los límites del BJ, el cual se ha observado por estudios anteriores que es tectónicamente activo, por lo tanto, se ha visto que ha tenido desplazamientos independientes con relación a las placas tectónicas que lo rodean. En concreto, para la zona urbana de Zapopan no existen muchos estudios, localmente no hay la información necesaria para ver las variaciones que se dan en el ambiente tectónico de la localidad y cómo puede esto repercutir para la población asentada en este sitio. Por lo anterior mencionado, es necesario un estudio de ruido sísmico ambiental que permita registrar variaciones en el entorno en cuestión, responsables de la generación de sismos que podrían representar un peligro sísmico importante, para ello se analizaran los eventos registrados y así poder enfocarnos en las alteraciones que hay en las velocidades sísmicas, partiendo de ahí, ya podremos ver los cambios que existen generados por la Geodinámica de la zona, como lo podrían ser el desplazamiento de un sistema de fallas, así como cambios diversos en la corteza. Para poder llevar a cabo este estudio, se utilizará la Red de Sismómetros y Acelerómetros de Zapopan (RESAZ), con la cual se obtendrán los registros sísmicos de la zona mencionada anteriormente.

RN-26 CARTEL

## ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD UBICADO EN LA FORMACIÓN LA CASITA, EN LA CARRETERA FEDERAL NO. 58 LINARES – ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Arista Cázares Luis Eduardo, Ibarra Martínez Sergio Eduardo,  
Chapa Guerrero José Rosbel y Chávez Cabello Gabriel  
Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, FCT, UANL  
luiseduardoarista202@gmail.com

El área de estudio se encuentra ubicado en la Sierra Madre Oriental a la altura del km 43 de la Carretera Federal No. 58 en el tramo entre Linares e Iturbide, N.L. Para el estudio de Taludes es necesario un análisis geológico-estructural para alcanzar a entender el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos. Los taludes están condicionados por sus propiedades físicas y químicas, como por su estructura y resistencia a los planos de falla, discontinuidades, así como también a las condiciones geológicas y meteorológicas. Dicho en otras palabras, la estabilidad de un talud depende principalmente entre el balance resistente al cortante del suelo y/o macizo rocoso y la fuerza deslizante de gravedad del talud. Ciertos cortes de talud no están bien desarrollados por lo que, posteriormente, pueden ser predispuestos a generar zonas de riesgo, propiciando deslaves o caídos. A lo largo de la carretera

aflojan diversas Formaciones del Jurásico y Cretácico perteneciente a la Provincia Sierra Madre Oriental. Esta es una carretera de gran importancia, ya que comunica principalmente los municipios de Linares e Iturbide. El estudio se concentró en la Formación La Casita (Jurásico Superior), la cual se encuentra a la entrada al municipio de Iturbide, Nuevo León; está compuesta principalmente por bloques irregulares de calizas margosas e intercalaciones de lutita. Lo característico de este afloramiento es la orientación de los elementos estructurales que se concentran en dicha unidad con respecto al rumbo del talud. Mediante el estudio por mecanismo de falla propuesto por Hoek & Bray (1977) se pudo determinar que este talud está siendo afectado por una inestabilidad por mecanismo de falla tipo planar producto de la orientación de fracturas extensionales con respecto a la posición del corte del talud. El factor detonante es principalmente la precipitación intensa característica de esta región y además de las características físicas y químicas de la composición de la roca (capacidad de expansión y contracción por presencia de agua). En el presente trabajo se analiza, de acuerdo con su geometría de discontinuidades, la estabilidad del talud del macizo rocoso y de acuerdo a este análisis se hacen las recomendaciones pertinentes.

## RN-27 CARTEL

### ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO EN COLONIA LAS BRISAS NOVENO SECTOR, MONTERREY, NUEVO LEÓN

Lozano Guajardo Sofía Guadalupe, Medina Barrera Francisco y Velasco Tapia Fernando  
*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*  
 sofia.lozangoajardo@gmail.com

El comportamiento de los macizos rocosos en la elaboración de taludes se encuentra sujeto a procesos de inestabilidad que dependen de sus propiedades físicas y químicas, así como del arreglo geométrico de sus discontinuidades. Lo anterior ligado directamente con las condiciones geológicas y los factores meteorológicos. El crecimiento urbano de la ciudad de Monterrey obliga a generar desarrollos de manera vertical en las pocas áreas disponibles en el valle de Monterrey, y por otro lado la creación de zonas urbanas en las laderas que rodean la zona metropolitana de Monterrey. Esta segunda forma de crecimiento nos confronta con analizar de manera estructural los macizos rocosos asociados con las estructuras geológicas que forman el valle de Monterrey por lo tanto la información recabada en este trabajo se orienta a describir las litologías que más dificultades de estabilidades presentan asociadas al arreglo geométrico y composición litológica. Por un lado se presentarán perfiles con la intercalación de diferentes litologías y diagramas estereográficos que analizan la situación cinemática de algunos de los sitios a estudiar. Lo anterior despierta la motivación para elaborar un estudio del comportamiento de estos macizos rocosos, analizando las propiedades mineralógicas y las intercalaciones arcillosas que presenta la litología del área.

## RN-28 CARTEL

### ANÁLISIS GEOTÉCNICO EN LA FORMACIÓN AGUA NUEVA, CARRETERA LINARES-ITURBIDE

Lerma Rodríguez Esmeralda, Ibarra Martínez Sergio Eduardo,  
 Chapa Guerrero José Rosbel y Chávez Cabello Gabriel  
*Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL*  
 lermaesme@gmail.com

Lerma Rodríguez Esmeralda 1, Ibarra Martínez Sergio Eduardo 1, Chapa Guerrero José Rosbel 1, Chávez Cabello Gabriel 1 Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carretera a Cerro Prieto, Km. 8, Hacienda de Guadalupe, Linares, N.L., C.P. 67700 Correo electrónico: lermaesme@gmail.com La Geotecnia es la rama de la ingeniería que se emplea en el estudio de la interacción entre las construcciones y el terreno. El área de estudio se ubica dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental sobre la unidad Agua Nueva, la cual presenta estratos delgados de caliza con lentes de pederal intercalados con Lutita carbonosa negra pertenecientes al Cenomaniano - Turoniano, Cretácico Tardío. En las coordenadas geográficas 14R418067E / 2737255N localizada en un tramo de la carretera federal No.58; la cual conecta los municipios Linares-Iturbide siendo esta la principal vía de acceso a las comunidades de Iturbide, Galeana y San Roberto. Así mismo, existe constante presencia de caídos generando un peligro latente principalmente en períodos de lluvias abundantes (Septiembre – Agosto), considerándose a este el factor detonante principal, a pesar de que en los últimos años se ha manifestado sismicidad en la zona estudiada. El presente trabajo analiza el talud en dicha unidad geológica debido a la constante presencia de movimientos en el macizo rocoso saturado producto de la precipitación, aumentando el riesgo en esa sección de la carretera. Se analizó el talud mediante la metodología propuesta por Hoek & Bray (1977), corroborando que dicha localidad presenta inestabilidad por mecanismo de falla tipo planar donde se involucra el fracturamiento tipo ac con respecto a la orientación del talud y así mismo se aprecian movimientos tipo cuña, se analizaron bajo el método propuesto por Markland para confirmar la inestabilidad que nos arrojó y ver la viabilidad de que el talud falle. Por otro lado, la metodología de la clasificación de taludes de Bieniawski, 1973, lo asocia a un talud con un grado de meteorización IV además de un puntaje de 71 RQD clasificándose en una resistencia de roca media.

## RN-29 CARTEL

### ESTUDIO PRELIMINAR DE LA SUBSIDIENCIA ANTROPOGÉNICA DEL TERRENO EN LA COLONIA MORELOS, CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

Luna González Mónica Cristell, Pavón Moreno Julio Alberto y Escorza Reyes Marisol  
*Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR*  
 monicalg0807@gmail.com

La subsidencia urbana, definida como el proceso de hundimiento gradual del terreno, es una problemática actual muy común en diferentes asentamientos humanos y entre las principales causas se encuentra la explotación de agua subterránea, hidrocarburos y fuentes geotermales. En este trabajo se realizó una recopilación bibliográfica de las causas más comunes de subsidencia urbana y se abordó un ejemplo de subsidencia del terreno en una colonia de Ciudad del Carmen, Campeche, para la comprensión de sus posibles causas. La primera evidencia de subsidencia del terreno en la zona de estudio surge de la comparación realizada entre fotografías antiguas de algunas viviendas de los habitantes y las observaciones actuales del terreno, en donde se concluye que los complejos habitacionales presentan un hundimiento de hasta 80 cm, hecho que podría representar un riesgo para las personas en caso de ocurrir daño estructural de los inmuebles. Así entonces, para identificar las posibles áreas con problemas de hundimiento del terreno, se realizó una encuesta entre los habitantes del área de estudio y se documentó la presencia de daños estructurales. De igual forma, se solicitó entre los habitantes evidencias fotográficas para realizar una estimación cuantitativa de la subsidencia del terreno en diferentes puntos del área de estudio. Además, se realizó una malla de datos magnetométricos de alta resolución en una de las edificaciones afectadas por la subsidencia y los resultados de la anomalía encontrada indican la posible presencia de una cavidad, posiblemente favorecida por la Geología de la región, en su mayoría rocas sedimentarias como coquinas y calizas no consolidadas, y los procesos de compactación del terreno asociados a la sobreexplotación del acuífero en el área.

## RN-30 CARTEL

### CARTA DE RIESGO DE AGRIETAMIENTOS DE LA CD. DE QUERÉTARO: UNA HERRAMIENTA PARA LA MITIGACION DE DAÑOS Y PLANEACIÓN URBANA, SUSTENTADA EN MEDICIONES GRAVIMÉTRICAS DE PRECISIÓN

Arzate Flores Jorge Arturo<sup>1</sup>, Yutis Vsevolod<sup>2</sup> y López-Quiroz Penélope<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM  
<sup>2</sup>IPICYT  
 arzateja@gmail.com

La zona metropolitana de Querétaro, y en particular, el Centro Histórico de la ciudad, se encuentran bajo constante presión ambiental desde hace varias décadas. Una de las consecuencias del desarrollo acelerado ha sido el rápido y desigual descenso del nivel freático tanto en el entorno como en el propio Centro Histórico de la Ciudad. Existen muchos casos documentados del efecto que tiene la extracción del agua subterránea cuando el suelo se compacta diferencialmente y produce agrietamientos. Los estudios realizados en la capital del estado se han enfocado principalmente al registro de agrietamientos al poniente de la Av. 5 de Febrero, una zona que ha estado sujeta a hundimiento constante desde hace varias décadas. Los hundimientos diferenciales, causantes de los agrietamientos y fallamiento de suelos, solo se generan en presencia de un basamento urbano irregular. Estas irregularidades se pueden observar a través del contraste en las propiedades físicas de las rocas fracturadas, generalmente volcánicas del plioceno, que subyacen la metrópoli queretana y están cubiertas por los rellenos sedimentarios que constituyen el sistema acuífero, de espesor variable, de la urbe y del valle de Querétaro. Uno de los métodos de exploración del subsuelo más efectivo para el estudio de la subsidencia urbana es el método gravimétrico, no solo por su sensibilidad a los cambios de densidad laterales sino porque puede aplicarse en zonas urbanas con mucho detalle, a diferencia de otras metodologías de prospección, como la eléctrica, o la sísmica que están limitadas por la capa asfáltica de la ciudad. A partir de la medición de una red de 2,759 estaciones gravimétricas y topográficas medidas durante campañas nocturnas, que cubren con una precisión de 5 metros el Centro Histórico y entre 10 y 100 m la Ciudad de Qro. limitada por el circuito que forman la Av. 5 de Febrero, la Autopista a la CDMX y el Bulevar Bernardo Quintana, obtuvimos la carta de anomalía de Bouguer completa (ABC), a partir de la cual se adquirió la carta de Gradiente Horizontal del residual (GHR) de la ABC. En el contexto de un basamento irregular y accidentado como el de la Cd. de Qro. la carta de GHR proporciona la distribución lateral de cambios topográficos en el subsuelo. La distribución espacial de las anomalías de densidad del subsuelo representa las variaciones debidas no solo a la presencia de rocas volcánicas fracturadas del basamento, sino al contraste que presentan antiguos lechos arenosos de arroyos que drenaban desde el oriente de la ciudad y que ahora se encuentran sepultados en un entorno sedimentario distinto. La carta de GHR obtenida puede ser utilizada tanto en proyectos de mitigación de daños como de planeación urbana. Adicionalmente, la sobreposición del catastro urbano y las redes de drenaje y agua potable extiende su utilidad a un diagnóstico más eficiente de fugas en dichas redes y oquedades u otros cuerpos anómalos en el subsuelo en la zona en donde se cuenta con mayor resolución, en decir en el Centro Histórico de Querétaro.

Sesión regular

# **SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA**

Organizador:

Jesús Arturo Martín Barajas

SED-1

## PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA PALEOZOICA DEL BASAMENTO DEL ANTICLINORIO HUIZACHAL-PEREGRINA: IMPLICACIONES PARA LA PROCEDENCIA Y AMBIENTE TECTÓNICO

Casas Peña Juan Moises, Alemán Gallardo Eduardo Alejandro, Ramírez Fernández Juan Alonso, Velasco Tapia Fernando y Jenchen Uwe  
*Facultad de Ciencias de la Tierra, FCT  
 mooiuani@gmail.com*

México cuenta con sistemas clásticos de edad Paleozoica esparcidos por regiones localizadas en el norte y sureste. La secuencia sedimentaria paleozoica expuesta en el Noreste de México en el Anticlinorio Huizachal-Peregrina, exhibe afloramientos con un rango de edad del Silúrico al Pérmico, que yacen discordantemente sobre el basamento precámbrico de la Sierra Madre Oriental. Esta está constituida por cuatro formaciones sedimentarias: (a) La Formación Cañón de Caballeros (Silúrico), es la unidad más antigua de la secuencia, y está conformada por tres miembros de: conglomerados, areniscas-limolitas-lutitas y carbonatos marinos; (b) La Formación Vicente Guerrero (Misisípico), con dos miembros compuestos por horizontes de conglomerados con granos muy redondeados, areniscas masiva, lutitas con estructuras sedimentarias relacionadas a facies de tipo aluvial-marinas; (c) La Formación Del Monte consta de flujos detríticos calco-carbonatados, asociados a facies características de talud; (d) la Formación Guacamaya (Pérmico), que es la unidad más joven de la secuencia, incluye litologías características de un sistema turbidítico. Estas formaciones en su conjunto ha sido denominada recientemente como "Cuenca Tamatán" ("Lugar con Agua" en la lengua Huasteca; Alemán-Gallardo et al., 2019). Adicionalmente se ha descrito la Riolita Aserradero del Carbonífero, que se intercala entre las Fms. Vicente Guerrero y Del Monte. La Cuenca Tamatán ha sido estudiada desde un punto de vista estratigráfico y bio-estratigráfico, dando en primera instancia las relaciones entre unidades litológicas, la edad relativa y la localización paleogeográfica de la cuenca. Sin embargo, los trabajos de procedencia se encuentran aún limitados. Este estudio caracteriza la procedencia y ambiente geotectónico de las rocas clásticas de la Cuenca Tamatán por medio del análisis petrográfico modal y el análisis geoquímico (elementos mayores y trazas). Alemán-Gallardo, E., Ramírez-Fernández, J.A., Rodríguez Díaz, A., Velasco-Tapia, F., Jenchen, U., Cruz-Gómez, E., Navarro-de León, I. & de Leon-Barragán, L. (2019): Evidence for an Ordovician continental arc in the pre-Mesozoic basement of the Huizachal-Peregrina Anticlinorium, Sierra Madre Oriental, Mexico: the Peregrina Tonalite. – *Mineralogy and Petrology*, 113 (4): 433-562.

SED-2

## LA FORMACIÓN TIANGUISTENGO: UN RÍO QUE DRENABA LA PANGEA ECUATORIAL EN EL TRIÁSICO

Ramírez Calderón Mónica Guadalupe<sup>1</sup>, Martini Michelangelo<sup>2</sup> y Abdullin Fanis<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM  
<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM  
 monicald@ciencias.unam.mx

Durante el Triásico, el margen Pacífico de México era el sitio de acumulación de grandes abanicos submarinos que, se ha inferido, eran alimentados por grandes sistemas fluviales que drenaban el sector ecuatorial-occidental de Pangea. Las sucesiones fluviales inequívocamente depositadas durante el Triásico son muy pocas en México y están restringidas a pequeños y escasos afloramientos al Noreste del territorio. Autores previos han propuesto que las rocas fluviales de la Formación Tianguistengo, que afloran en el sur de México, se depositaron durante el Jurásico; sin embargo, debido a la escasez de registro paleontológico, la edad de estas rocas permanece desconocida. En este trabajo presentamos nuevos datos sedimentológicos y de procedencia detallada que muestran que el registro sedimentario de la Formación Tianguistengo se depositó a partir de un sistema sedimentario continental mixto, conformado por un drenaje fluvial regional interstratificado con depósitos locales de abanicos aluviales de borde de cuenca subordinados al Tronco de Totoltepec del Carbonífero-Pérmico, que se exhumaba rápidamente a lo largo de la falla La Matanza, y al Complejo Acatlán, que se exhumaba a lo largo de la falla Ameyaltepec. Los modelos de enfriamiento del Tronco de Totoltepec construidos en este trabajo a partir de trazas de fisión en apatitos y (U-Th)/He en circones indican que este cuerpo intrusivo experimentó una historia térmica compleja, caracterizada por varios eventos de exhumación e inhumación desde el Triásico hasta el Cretácico. Autores previos reportaron que la historia de exhumación jurásica del Tronco de Totoltepec está registrada en las unidades estratigráficas del Jurásico que suprayacen a la Formación Tianguistengo. Como consecuencia, en este trabajo presentamos datos que sugieren que la Formación Tianguistengo es una unidad estratigráfica del Triásico medio-Jurásico inferior producto de la interacción de abanicos aluviales locales con un sistema fluvial de escala regional. Este sistema fluvial se infiere análogo a los drenajes fluviales del Triásico superior en la Pangea ecuatorial, ya reconocidos en estudios previos del registro geológico de México.

SED-3

## PETROGRAPHY AND ROCK MAGNETISM IN SANDSTONES OF THE SANDINO FOREARC BASIN (NICARAGUA): CHANGES IN THE SUBDUCTION ANGLE SINCE LATE CRETACEOUS TO EARLY MIOCENE BETWEEN FARALLON-COCOS AND CARIBBEAN PLATES

Ramírez-García Berenice<sup>1</sup>, García-Amador Bernardo Ignacio<sup>1</sup>, Palacios-García Norma Betania<sup>2</sup> y Alva Valdivia Luis Manuel<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM  
<sup>3</sup>Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM  
 berenice\_48@ciencias.unam.mx

The cause of the current configuration of the Caribbean Plate has been widely debated through the geological and geophysical record in diverse parts of Central America, North America, South America, and the Caribbean. An important tectonic element in this configuration has been the development of the Sandino Forearc Basin (SFB). The SFB is located into W-Nicaragua (and NW-Costa Rica), as a product of the convergent margin between the Farallon-Cocos and Caribbean Plates. The sedimentary record of the SFB contains valuable information on the geodynamic processes in this portion of Central America, since the Late Cretaceous to the present. This work presents a petro-tectonic study of 18 thin-sections of sandstones belonging to three formations within the SFB: Rivas, Brito, and Masachapa. We used the Gazzi-Dickinson point-counting method for this study. Likewise, we extended the research by analyzing the magnetic properties of these units to understand their magnetic mineralogy. Subsequently, both results were interpreted to examine the processes involved in this type of tectonic regime. The depositional environments of the SFB show facies changes throughout the stratigraphy, ranging from deep-water turbidites (Rivas Fm.), to calcareous facies (packstone and grainstone) and channel-levee complexes (Brito Fm.), until again settling deep-water turbidites (Masachapa Fm.). The changes in the sandstone composition show and essential contribution of volcanic lithics in the Rivas and Masachapa Fms. Also, Rivas Fm. showed a high content of magnetic minerals (i.e., magnetite), unlike the other two formations. The interpretation of the results favored an evolutionary model associated with variations in the subduction angle of the Farallon-Cocos Plate since the Late Cretaceous to the Early Miocene (i.e., flat-slab and slab-rollback processes) and the consequent migration of the volcanic arc. In this way, the sedimentary record of the SFB in its north-central portion represents an expression of the geodynamic processes of the western margin of the Caribbean Plate.

SED-4

## NUEVAS EVIDENCIAS PARA LA EDAD DE LA FORMACIÓN SALADA EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Schwennicke Tobias, Plata Hernández Elvia, Cota Valdez Luis Jael, Cortés Martínez Mara Yadira y Pérez Venzor José Antonio  
 Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
 tobias@uabcs.mx

La Formación Salada en Baja California Sur se extiende a lo largo de la costa del Pacífico (desde el arroyo La Muela hasta el arroyo Santa Rita) y se compone de depósitos marinos costeros ricos en diversos microfósiles. Con base en el contenido fosilífero, autores anteriores han propuesto edades variadas. Según algunos estudios, moluscos señalan una edad de finales del Mioceno medio a principios de Mioceno superior. Por otro lado, otros investigadores propusieron una edad de Plioceno tardío con base en dientes de tiburón. Nuestras observaciones de campo indican que la Formación Salada sobreyace a la Formación Tepetate (Paleoceno-Eoceno) en la región norte mientras que en el área sur, al Oeste de La Paz, se interdigita con estratos terrestres de la formación Lomas de la Virgen (finales del Mioceno inferior a Mioceno medio). Estas relaciones estratigráficas señalan indirectamente una edad miocénica para la Formación Salada. Por lo general, la Formación Salada se compone de limolita, arenisca fina y arenisca coquinoide y no contiene micro y nanofósiles calcáreos. A pesar de que las rocas son ricas en carbonato de calcio, este es de origen diagenético. Sin embargo, encontramos en diferentes localidades escasas rocas ricas en microfósiles silíceos. En total se observaron aproximadamente 50 taxones o formas que incluyen diatomeas, silicoflagelados, esporas de resistencia (resting spores) y ebridianos. La mayor abundancia y diversidad la muestran las diatomeas, mientras que los ebridianos son muy escasos. Además se observan esporas de esponjas silíceas. Entre las especies identificadas predomina la diatomea *Paralia sulcata*, la cual tiene un rango de edad muy amplio; sin embargo, es indicador de ambientes costeros y en conjunto con las esporas de resistencia sugieren la influencia de surgencias costeras. Igualmente, la mayoría de las demás diatomeas identificadas son de rangos largos y se conocen desde el Mioceno temprano o medio hasta la actualidad. Sin embargo, algunas otras especies (*Actinocyclus ingens*, *Raphoneis parilis*, *Coscinodiscus tuberculatus*/*Azpeitia tuberculata*) en conjunto señalan para las capas estudiadas una edad de Mioceno medio, probablemente entre 14.0 y 13.5 Ma. De igual manera, algunas especies o formas de otros microfósiles silíceos también apuntan hacia una edad miocénica. Además, realizamos una revisión de las especies de tiburón reportadas anteriormente. Como resultado, ninguna de estas especies hace evidente una edad pliocénica para la Formación Salada ya que todas tienen registros

por lo menos desde el Mioceno temprano a medio, continuando hasta el Plioceno o incluso la actualidad. En conclusión, nuestros datos apoyan una edad de Mioceno medio para la Formación Salada.

## SED-5

### VARIABILIDAD DE LA ABUNDANCIA DE DIATOMEAS EN LOS SEDIMENTOS LAMINADOS DE LA CUENCA DE SAN LÁZARO, BAJA CALIFORNIA SUR, COMO UN INDICADOR DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL HOLOCENO MEDIO-TARDÍO

Esparza Alvarez María Auxilio<sup>1</sup>, Becerra Salinas Fabián Israel<sup>1</sup> y Herguera Juan Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, UMAR

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. CICESE  
auxilioea@angel.umar.mx

En el Holoceno medio-tardío la variabilidad de la abundancia y la composición de especies de diatomeas preservadas en los sedimentos laminados de la cuenca de San Lázaro, Baja California Sur, México, presenta sensibilidad a la dinámica oceanográfica y climática en la zona transicional de la parte sur del Sistema de la Corriente de California (SCC). En este intervalo observó un incremento en la acumulación de diatomeas bentónicas, ticipelágicas y neríticas, lo que puede interpretarse como una disminución en la intensidad del SCC. La concentración promedio de valvas sin tamizar  $3.1 \times 10^6$  (valvas g-1) es cuatro órdenes de magnitud mayor que el de las valvas tamizadas mayor o igual a  $20 \mu\text{m}$  ( $6.9 \times 10^2$  valvas g-1). Esta diferencia entre la cantidad de valvas de diferentes tamaños plantea un escenario de condiciones oceanográficas cálidas, moduladas por El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y la circulación del giro del Pacífico Norte. De las 137 especies identificadas, solo 36 contribuyeron con el 75% de la abundancia relativa en todo el muestreo. Las especies más dominantes fueron: especies del género *Cyclotella* (*C. litoralis* - *C. striata*), *Paralia sulcata*, *Actinocyclus octonarius* var. *octonarius* y *Actinocyclus octonarius* var. *tenellus*. Se determinaron cuatro asociaciones de especies mediante un análisis de componentes principales (ACP): El factor 1 correspondió a *Cyclotella* que prolifera en aguas de baja producción, cálidas, estratificadas y con limitación de nutrientes; el factor 2 está representado por *Paralia sulcata*, especie transportada del litoral adyacente que incluye lagunas, esteros y playas, el factor 3 contempla a *Actinocyclus senarius*, que es común en ambientes neríticos y aguas cálidas y por último, el factor 4, el cual es conformado por *Actinocyclus octonarius* var. *octonarius*, especie caracterizada por ser cosmopolita, nerítica, planctónica y adaptada a ambientes de turbulencia.

## SED-6

### ESPELEOGÉNESIS MONOGENÉTICA DE FLANCO DE MARGEN EN LA ISLA DE COZUMEL, EVIDENCIAS DE CAMBIOS EUSTÁTICOS Y EVOLUCIÓN DE LA ISLA

Salgado Hugo Enrique, Trejo Pelayo Salvador,  
López Martínez Rafael y Barragán Manzo Ricardo  
Instituto de Geología, UNAM  
hugoe1617@gmail.com

La geomorfología y el paisaje actual de la isla de Cozumel es resultado de una extensa karstificación, procesos litorales, cambios glacio-eustáticos y la interacción de la zona hidrológica de mezcla. Si bien es cierto esto de manera general en los modelos de islas carbonatadas, la evolución de la isla de Cozumel sigue manteniendo muchas incógnitas. La isla se encuentra caracterizada por presentar distintas formas kársticas, entre ellas estructuras de disolución, que en la actualidad pueden ser subacuáticas y/o subaéreas, además de las cavidades formadas por procesos erosivos, todas ellas han sido pobremente estudiadas. Una correcta identificación y caracterización de morfologías monogenéticas de flanco de margen, ayudarán a elucidar antiguas posiciones del nivel del mar por encima del actual, dichas estructuras están directamente relacionadas con la evolución de la isla. La distribución espacial de las morfologías de flanco de margen han sido ubicadas a partir de imágenes LIDAR para el desarrollo de un mapa altimétrico, que conjunto a un análisis de microfácies, han favorecido su caracterización y con ello se han identificado dos tipologías de flanco de margen: 1) Tipologías de flanco de margen tradicional, que corresponden a la zona de mezcla entre agua dulce y agua salada, desarrolladas en las partes distales de un lente de agua dulce antiguo y 2) se identifica la presencia de cuevas de flanco de margen singenéticas, las cuales hasta el momento solamente habían sido descritas y estudiadas en la Isla de San Salvador en Bahamas, nombradas como Banana Holes, que indican la zona de mezcla de aguas entre aguas meteóricas vadosas y aguas meteóricas freáticas; ambos tipos de cavidades de flanco de margen han sido reconocidas como registros de la posición del mar en varias partes del mundo. Estudios adicionales se están realizando para la determinación correcta del ambiente de depósito así como la determinación de la edad de formación.

## SED-7

### LAGO DE CHALCO: REGISTRO SEDIMENTARIO Y ESTRATIGRÁFICO DE SUS ETAPAS FORMATIVAS

Martínez Abarca Luis Rodrigo<sup>1</sup>, Ortega Guerrero Beatriz<sup>2</sup>,  
Lozano García Socorro<sup>3</sup> y Caballero Miranda Margarita<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
lurodrimtza10@ciencias.unam.mx

Durante los últimos años, el lago de Chalco, ubicado al sur de la cuenca de México, ha sido objeto de estudio para el análisis de la variabilidad climática durante el Cuaternario tardío. Las perforaciones realizadas por el proyecto ICDP "MexiDrill-Chalco" obtuvieron en conjunto un registro sedimentario de ~520 m. Las primeras mediciones de susceptibilidad magnética presentaron variaciones importantes a lo largo del registro, especialmente entre los 257 y 315 m de profundidad. Este trabajo analiza las características composicionales, texturales, mineralógicas y micromorfológicas de los sedimentos presentes entre dichas profundidades e identifica las diversas facies en el intervalo de interés para finalmente sugerir un modelo de formación del lago. Se identificaron tres asociaciones de facies en función de los componentes principales, estas son: A) Facies detríticas, constituidas por limo laminado, arena masiva, arena limosa estratificada, grava clasto soportada y grava matriz soportada; B) Facies biogénicas, que incluyen ooze de diatomeas y una coquina de bivalvos; y C) Facies vulcanoclástica, representada por diversos depósitos de pómez clasto soportada. La formación del lago de Chalco se dividió en cuatro etapas diferenciadas por cambios en el ambiente de depósito. El primero, es un ambiente aluvial en el que procesos de flujos de escombros e hiperconcentrados eran los principales agentes de transporte de sedimento. El segundo, es atribuido a flujos turbulentos en un ambiente deltaico fluvial, que alterna con flujos laminares asociados a planicies de inundación. El tercero, consta de la transición fluvio-lacustre de la cuenca, en el que se identificó un cuerpo de agua que precedió al establecimiento del lago de Chalco: "Paleo-Chalco", cuyo origen probablemente estuvo asociado al régimen climático de la región. Finalmente, durante la cuarta etapa se da el establecimiento definitivo de un segundo cuerpo de agua eutrófico y profundo al que nombramos "Neo-Chalco". Su origen parece estar asociado al tectonismo y vulcanismo de la región, ya que lo preceden depósitos de flujo de escombros y un depósito de pómez al que nombramos "CHA16-267". El modelo de edad indica que el establecimiento del lago ocurrió hace  $\sim 475 \pm 38$  ka.

## SED-8

### SEDIMENTOLOGÍA HOLOCÉNICA DE UNA LAGUNA EN LA COSTA ESTE DE BAJA CALIFORNIA SUR: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Plata Hernández Elvia, Schwennicke Tobias, Cortés Martínez Mara  
Yadira, Ramos Rodríguez Alejandro y Pérez Venzor José Antonio  
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
eplata@uabcs.mx

Existen muy pocas lagunas costeras en la costa oeste del Golfo de California. Una de estas se ubica cerca del poblado pesquero de Timbabichí, aproximadamente a 140 km al noroeste de La Paz. La laguna cubre un área de 0.3 km<sup>2</sup>, tiene una profundidad máxima de 1.4 m y está limitada del mar abierto por una barra gravosa. En su lado este está limitada por una península constituida por unidades terciarias que alcanzan una altitud de 28 m. Hacia el oeste colinda con depósitos pleistocénicos en forma de terrazas. En la laguna y en sus márgenes se pueden distinguir áreas submareales, intermareales y supramareales. La sedimentación reciente en la zona submareal (laguna interna) es predominantemente siliciclástica lodosa y solo en la zona sur de la laguna varía a arenosa. Esta variación se relaciona a las condiciones físicas tales como la profundidad, turbidez y la influencia de corrientes que son mayores en la parte sur. Para conocer su evolución holocénica se extrajeron 20 núcleos y se realizaron 3 zanjas, en áreas adyacentes a la laguna, en su mayoría de la planicie supramareal (sabhka). La descripción sedimentológica de los núcleos, que alcanzan 1.70 m de profundidad, incluyó la granulometría, las estructuras sedimentarias, la mineralogía y el contenido biogénico. Se distinguieron 7 facies sedimentarias que pueden correlacionarse con los ambientes modernos lagunares. El estudio sedimentológico de los núcleos reveló una sucesión de facies que incluye depósitos finos en la base, cambiándose a depósitos gruesos hacia la cima. Lo anterior indica una progradación de los ambientes marginales hasta supramareales, generado por un proceso regresivo. Además, en un núcleo ubicado a 250 m al oeste de la laguna se encontró un horizonte de turba a 1.2 m de profundidad, la cual fue fechada por 14C, revelando una edad de  $2120 \pm 30$  BP. La laguna de Timbabichí tuvo su origen durante la transgresión holocénica. El fechamiento indica que hasta el Holoceno tardío la laguna aún tenía una dimensión mucho mayor y desde entonces rápidamente redujo su tamaño. Se interpreta una tasa de sedimentación de 0.6 mm/año desde hace 2100 años. Si las condiciones de sedimentación se mantienen como las actuales, en un lapso de 2330 años la laguna estaría azolvada por completo. Sin embargo, existen dos factores que podrían modificar lo anterior: 1) movimientos tectónicos y 2) los cambios climáticos a corto y largo plazo.

## SED-9 CARTEL

### LA CUENCA ENDORREICA DE ORIENTAL, PUEBLA, ESTRUCTURA DE LA FAJA NEOVOLCÁNICA TRANSMEXICANA (FNTM) QUE IMPLICA AL BASAMENTO PRIMIGENIO DE LA CORTEZA

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

Estructuralmente, la cuenca endorreica de Oriental, Puebla, de 5.000 km<sup>2</sup>, del Pleistoceno, está enclavada en la FNTM, ortogonal a la Orogenia Mexicana laramídica NNW-SSE. Comprende una sucesión de areniscas, pizarras, calizas, margas, lutitas del Jurásico al Cretácico en pilares y depósitos continentales del Terciario. Está limitada por los edificios volcánicos más elevados del país, dividida en cinco subprovincias hidrológicas rellenas de tobas, derrames basálticos, conglomerados, lahares, brechas volcánicas, arenas, abanicos aluviales y lacustre hasta 600 metros de espesor. La parte central presenta intrusiones monzodioríticas y anortositas del Paleoceno con extensa distribución de rocas volcánicas del Pleistoceno-Holoceno, consistentes de basaltos, andesitas, dacitas, riolacitas, riolitas, traquitas, fonolitas, basanitas, tefritas, pómez, obsidianas, perlitas, cenizas, ignimbritas, principalmente calcialcalinas y alcalinas. Esta sucesión litológica representa la sutura estructural final compresiva para la Faja Neovolcánica Transmexicana y cierre del Mar de Tethys mesozoico, que implica la corteza primigenia hasta el Holoceno. La secuencia estratigráfica regional de la Cuenca de Oriental implica al basamento del Supergrupo Pápalo del escudo arqueano mexicano, con xenolitos y brechas volcánicas de los xalapascos y axalapascos de calderas de explosión tipo maars de Alchichica, La Preciosa, Quechulac, Atexcac, hacia el norte, así como de Tecuitlapa y Aljojuca distribuidos al sur. Estas estructuras volcánicas de carácter cinerítico del Cuaternario tardío, de unos 100,000 años, yacen emplazadas sobre calizas plegadas del Jurásico, Cretácico Medio y Superior, con xenolitos alcalinos de traquitas, fonolitas y basanitas con alto contenido de MgO y muy bajos en K<sub>2</sub>O, similares en composición química a las rocas verdes vulcanosedimentarias máficas y ultramáficas, esquistosas, arqueanas del Macizo de Teziutlán, como parte del basamento regional de la cuenca. También, los prospectos aledaños de Au, Ag, Cu, Zn y Pb de los distritos mineros de Tetela de Ocampo-Cuyoaco-Atexcac-Chichicauitla-Teziutlán, Puebla, como Las Minas-Tatatila-Gallo de Oro-Caballo Blanco, Veracruz, provienen de movilizaciones plutónicas dioríticas del Oligoceno, de yacimientos subyacentes tipo Kuroko-Besshi del Supergrupo Pápalo. Es decir, de sulfuros masivos vulcano-sedimentarios existentes en mantos y vetas como las minas Aire Libre, El Cometa-La Aurora de las rocas verdes esquistosas arqueanas del Macizo de Teziutlán. Por consecuencia, los domos Los Humeros de riolacitas y rocas riolíticas de las sierras Las Derrumbadas, Blanca-Cerro Pinto, Cerro Pizarro, Oyameles como otros depósitos piroclásticos y tobas cuarcíferas, alteradas, delzables del centro-norte de la Cuenca de Oriental, se generaron en calderas basales profundas de la potente secuencia de paragneises cuarcíferos del Grupo Los Alisos, de la cima del Supergrupo Guanajuato del Hadiano (4,150-3900 Ma). Palabras clave: Cuenca Oriental, FNTM, Macizo de Teziutlán, tipo Kuroko-Besshi, Los Alisos.

## SED-10 CARTEL

### ESTRATIGRAFÍA DE UNA UNIDAD CALCÁREO-ARRECIFAL DEL CRETÁCICO EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE HIDALGO: UN ESTUDIO PRELIMINAR

Sánchez Juárez Gustavo Quetzalpilli<sup>1</sup>, Blanco Piñón Alberto<sup>2</sup> y López Doncel Rubén Alfonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Geología Aplicada, Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<sup>2</sup>Escuela de Graduados, Escuela Normal Superior del Estado "Moisés Saenz Garza".

<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

gqsanchezj@gmail.com

El presente trabajo consiste en un estudio microfacial a una unidad calcárea asociada a ambientes arrecifales del Cretácico que afloran en diversas canteras localizadas en el área suroeste del estado de Hidalgo, México central. Se realizó el levantamiento de siete secciones estratigráficas, además de un muestreo de roca. Tras la descripción macroscópica y bajo microscopio petrográfico, se reconocieron siete litofacies sedimentarias: Facies A – Caliza compuesta por matriz micrítica sin estructura interna aparente, la matriz es homogénea, no exhibe contenido paleontológico. Representa condiciones submareales. Facies B – Caliza bioclástica. Consiste en caliza con presencia de bioclastos subredondeados a subangulares de bajo tamaño, procedentes de organismos como bivalvos, gasterópodos o esponjas. Representa condiciones de post-arrecife. Facies C – Caliza pelítica. Se trata de caliza de textura de grano grueso, la matriz está compuesta por clastos subredondeados con diámetros menores a 1 mm, dispuestos de forma compacta, los cuales fueron identificados como peloides. Representa condiciones de laguna restringida. Facies D – Rudstone de rudistas. Fragmentos irregulares de radiolitos y hippurítidos mayores a 2 mm, así como bouquets de los mismos, dispuestos sobre caliza de textura de grano medio. Representan un ambiente arrecifal. Facies E – Caliza oncolítica. Caliza de textura de grano medio, la cual presenta oncoides con diámetros entre 1.2 cm y 5 mm, en mediana densidad. Representa condiciones de margen arrecifal. Facies F – Caliza intraclástica. Consiste en caliza de textura de grano medio que exhibe intraclastos subredondeados a tabulares, con tamaños menores a los 9 mm. Representa condiciones de post-arrecife. Facies G – Caliza

con laminación paralela fina. Caliza de textura de grano medio en estratificación delgada, fractura fisil, exhibe laminación paralela fina a lo largo de los estratos. Representa condiciones intermareales. De acuerdo a los resultados preliminares, es posible identificar ambientes de depósito que varían desde laguna interna hasta pre-arrecife, desarrollado durante un periodo de estabilidad eustática en el área de estudio durante el Cenomaniano-Turoniano, con base al contenido paleontológico reconocido.

## SED-11 CARTEL

### PRESENCIA DE BLOQUES TRIÁSICO-JURÁSICO Y DE BASAMENTO PERMO-TRIÁSICO EN EL DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO

Miranda-Avilés Raul, García Dobarganes Bueno Juan Esteban, Puy Alquiza María Jesús, Martínez Reyes Juventino y Pérez Pérez Pablo Francisco  
 Universidad de Guanajuato, DI, Departamento de Minas Metalurgia y Geología  
 rmiranda@ugto.mx

El basamento del Distrito Minero de Guanajuato está constituido por rocas vulcanosedimentarias y plutónicas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior deformadas de manera característica por esfuerzos compresivos. La secuencia de rocas vulcanosedimentarias ha sido interpretada por diversos autores como una secuencia tras-arco, depositada en lo que se ha denominado como "Cuenca Arperos". La secuencia de rocas plutónicas y volcánicas está conformada por rocas de afinidad oceánica, tales como las lavas pertenecientes a los Basaltos La Luz, las rocas intrusivas granodioríticas a tonalíticas de la Tonalita Cerro Pelón, el Complejo Filoniano Santana y su equivalente Diorita Tuna Manza y la parte predominantemente volcanoclástica denominada Formación Esperanza. La Formación Esperanza está conformada por lavas andesíticas a dacíticas; por una secuencia de rocas clásticas que incluyen lutitas, limolitas, areniscas, grauvacas y conglomerados; y por rocas carbonatadas en su mayoría de estratificación delgada y con diferentes porcentajes de limo y arcillas que se han denominado tradicionalmente como calizas. En el presente trabajo reportamos la presencia de bloques u olistolitos incluidos en la Formación Esperanza, de los cuales se analiza su edad, composición y significado tectónico. Los bloques u olistolitos estudiados están incluidos en limolitas y areniscas de la Formación Esperanza que regionalmente fue afectada por un bajo grado de metamorfismo de facies de esquistos verdes. Los olistolitos son bloques de 1 a 100 m de diámetro que varían composicionalmente de cuarcitas, litarenitas, grauvacas a tonalitas. La edad máxima de depósito obtenida por U-Pb a partir de circones detríticos para un olistolito de litarenita corresponde al límite Triásico-Jurásico (200-205 Ma), con picos en el rango de entre 254-288 Ma, que representan el aporte de un arco magmático Permo-Triásico, otra familia de circones presenta picos en el rango de 470-624 Ma que representan a terrenos levantados Pan-Africanos (Gondwana) y circones más antiguos con afinidad de basamento Grenvilliano de entre 946-1145 Ma. La existencia de bloques "exóticos" u olistolitos en la Formación Esperanza pone en evidencia un levantamiento rápido, erosión y basculamiento de los bordes de la Cuenca Arperos durante el Jurásico Superior. La composición de clastos y su edad, permiten interpretar que los olistolitos se habrían originado a partir de una serie de deslizamientos gravitacionales submarinos dentro de la Formación Esperanza y que provienen probablemente del entonces borde occidental del bloque que conformaba el México Continental.

## SED-12 CARTEL

### "DESFILE" DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS EN LA FORMACIÓN CHICONTEPEC EN EL SURESTE DE LA HUASTECA HIDALGUENSE-POTOSINA, MÉXICO

Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe<sup>1</sup> y Ambrocio Rosales Evelina de la Luz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, ESI

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, UADEC  
 alejandrugutierrez@uadec.edu.mx

El área de estudio se localiza al sureste de la Huasteca Hidalguense en la localidad de San Lorenzo y a Huexco, Tampacán en la Huasteca Potosina, en ambas localidades se encuentra aflorando la Formación Chicontepec, donde son abundantes las estructuras sedimentarias e icnofósiles. Se estudiaron tres secciones en cada localidad, dichas secciones se componen principalmente de intercalaciones de areniscas-lutitas y lutitas-areniscas. Los planos de estratificación presentan en la base y en la cima eventos erosivos, esto debido a la presencia de zonas incompetentes y a la distribución de los principales sistemas de paleocorrientes. Como objetivo principal se identificó una gran diversidad de estructuras sedimentarias como lo son: 1) ripples, originados por la acción de las corrientes de agua o del oleaje sobre los sedimentos sin consolidar como puede ser los sedimentos de una playa o un río; 2) turboglifos, lo que nos ayuda a saber el sentido o dirección del aporte de los sedimentos; 3) estratificación cruzada, lo que nos indica corrientes turbulentas debido a las conjugadas corrientes de fluidez; 4) calcos de carga, los cuales son producto de deposición de capa de arena pesada sobre sustrato no consolidado y blando como la arcilla vinculadas con la saturación en agua del nivel deformado (fluidificación- licuefacción); 5) mud rip up clasts, lo que refleja que estos fueron creados por corrientes de alta energía de sedimentos gruesos como una avalancha del fondo marino; 6) marcas de escape de agua, relacionadas con la disposición espacial de los granos, forma, tendencia a la desigualdad de los granos y conexión entre los poros lo que ocasiona un desbalance

en la relación presión hidrostática-presión litostática; 7) Icnofósiles (trazas fósiles), son huellas de actividad orgánica y nos ayudan a conocer el paleoambiente y/o la paleoecología de estos sedimentos y 8) restos de organismos, usualmente los organismos arquitectos de las trazas fósiles no se preservan, pero en esta ocasión sí y nos pueden indicar que probablemente ellos fueron los generadores de algunas de estas trazas fósiles. Conjugando toda esta información se puede deducir que muy probablemente estos sedimentos fueron producto de la erosión, transportados y distribuidos por corrientes de turbidez y depositados en ambiente nerítico a abisal superior de aguas profundas. Las secuencias turbidíticas se depositaron por eventos múltiples, incluyendo flujo de escombros y deslizamientos y en algunas ocasiones retrabajadas por corrientes de fondo marino.

#### SED-13 CARTEL

### LITO Y BIOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN TRINIDAD EN LA LOCALIDAD LAS CUEVAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Esquivel Castillo Alondra Abigail, Schwennicke Tobias,  
Plata Hernández Elvia y Cortés Martínez Mara Yadira  
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
alondr\_a95@hotmail.com

La localidad de estudio se ubica en la porción sureste del estado de Baja California Sur en la cuenca San José del Cabo, caracterizada por una estructura de medio graben, formada durante la primera etapa de la Provincia Extensional del Golfo, a partir del Mioceno tardío. Durante el Mioceno tardío, en ambos márgenes de la cuenca existían sistemas de abanicos aluviales, mientras en la parte central de la cuenca predominaban condiciones marinas. La mayor parte de las rocas marinas en la cuenca pertenecen a la Formación Trinidad y el paquete de sedimentos expuestos en la localidad de Las Cuevas forma parte de esta unidad estratigráfica. Con el objetivo de documentar la litología, interpretar su ambiente de depósito y obtener una edad bioestratigráfica, se levantó una columna estratigráfica de 28 m. Las características litológicas en el paquete permiten su división en cuatro facies; la más dominante es la facies de arenisca (T-A) conformada por cuatro subfacies (T-A1, T-A2, T-A3, T-A4), seguida por la facies de lodolita (T-L) y escasamente la facies de conglomerado intraformacional (T-C) así como la facies de limolita (T-L). La facies T-L representa una acumulación bajo condiciones de baja energía. Las facies T-A1-A4 y T-C reflejan diferentes procesos gravitacionales. Interpretamos que fueron flujos de densidad hiperconcentrados (hyperconcentrated density flows), flujos gravitacionales concentrados (concentrated density flows), flujos de turbidez parecidos a una oleada (surge-like turbidity flows), corrientes de turbidez casi constantes (quasi-steady turbidity flows) y corrientes de turbidez de alta y baja concentración. De acuerdo a las facies observadas se interpreta que el ambiente de depósito del paquete estudiado está relacionado con la parte frontal de un abanico deltaico tipo Gilbert de aguas profundas (que significa que fue depositado por debajo del nivel de influencia del oleaje), debido a la subsidencia en la cuenca. Los depósitos de dicho abanico deltaico están dominados por procesos de suspensión de partículas finas y el transporte por corrientes o flujos gravitacionales. Para obtener una edad, se estudió el contenido de nanofósiles calcáreos. En total se reconocieron 8 especies pertenecientes a la familia Discoasteraceae. Sin embargo, solo tres son relevantes para la determinación de la edad bioestratigráfica: *Discoaster berggrenii*, *D. quinqueramus* y *D. hexaramus*. Estas especies sugieren una edad dentro de NN11a (aproximadamente 8.1 a 7.4 Ma), correspondiendo al Tortonense tardío. Esta edad es similar a la de otras localidades de la Formación Trinidad, aunque más antigua que El Torote, ubicado en el centro de la cuenca San José del Cabo.

#### SED-14 CARTEL

### ESTRATIGRAFÍA Y PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LOMAS DE LA VIRGEN EN LA REGIÓN DE LEY FEDERAL DE LA REFORMA AGRARIA NÚMERO UNO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Cota Valdez Luis Jael, Schwennicke Tobias, Pérez  
Venzor José Antonio y Plata Hernández Elvia  
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS  
luis\_jael\_cota\_valdez@aol.com

La formación Lomas de la Virgen se distribuye al oeste y suroeste de La Paz y se compone de rocas sedimentarias de origen eólico y fluvial, depositadas desde finales del Mioceno temprano hasta el Mioceno medio, debido a la erosión del arco volcánico del Oligoceno-Mioceno (Grupo Comondú), antes de la apertura del golfo de California. La formación Lomas de la Virgen aflora a lo largo del escarpe geomorfológico llamado sierra Los Filos del Treinta y Cinco (Cordón de la Virgen). La unidad se extiende hacia el Suroeste y Oeste, hasta los poblados de Ley Federal de Reforma Agraria Número Uno y Dos, donde se interdigita con los depósitos marinos de la Formación Salada. Hasta el momento se disponen de estudios realizados en la sierra Los Filos del Treinta y Cinco. En esta área la formación Lomas de la Virgen sobreyace concordantemente al Grupo Comondú y consiste de una parte inferior de arenisca de origen eólico y otra superior predominantemente de arenisca, formada en ambientes aluviales. El espesor total es de aproximadamente 480 m. A su vez, estos afloramientos se consideran la localidad tipo de la formación Lomas de la Virgen. Sin embargo, no se habían realizado estudios en la región al Sureste y Oeste de la unidad, así como un

estudio petrográfico a detalle que permita caracterizar con mayor precisión la procedencia de sus componentes. En este presente proyecto se levantaron en la región de Ley Federal de Reforma Agraria Número Uno dos columnas estratigráficas con espesores de 49.50 m y 119.50 m respectivamente. Predomina arenisca y las capas texturalmente varían de arenisca fina, fina limosa hasta arenisca lodosa; además, esporádicamente ocurren arenisca mal seleccionada y lentes de arenisca conglomerática. La estratificación incluye laminación y estratificación paralela y en menor grado se observa laminación ondulada y cruzada. Estas estructuras generalmente son difusas debido a bioturbación causada por rizolitos y algunas veces son marcadas. La morfología y preservación de los rizolitos sugieren condiciones semi áridas. La lodolita forma capas delgadas hasta gruesas (hasta 2 m de espesor) las cuales se intercalan entre areniscas. En total, las capas estudiadas sugieren un régimen sedimentario fluvial de moderada a baja energía en un ambiente semidesértico, con abundante vegetación y corrientes poco canalizadas. Las capas de lodolita evidencian la existencia de cuerpos de agua temporales. Los sedimentos texturalmente son más finos en comparación con la sierra Los Filos del Treinta y Cinco y reflejan su depósito en un área más distal en el sistema de depósito. A su vez, la composición mineralógica revela un mayor grado de madurez en comparación con areniscas del grupo Comondú. Por lo anterior y considerando la ausencia de tobas se propone que los materiales de la formación Lomas de la Virgen provienen de la erosión del arco Comondú apagado, con una dirección de transporte hacia Oeste y Suroeste.

#### SED-15 CARTEL

### EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA PARTE SUR DE LA CUENCA LOS BARRILES, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Walde Michel Alain, Schwennicke Tobias y Pérez Venzor José Antonio  
Universidad Autónoma de Baja California Sur  
michel.alain.walde@gmail.com

La cuenca Los Barriles se ubica aproximadamente 80 km al Sureste de La Paz y forma parte de la Provincia Extensional del Golfo. La parte norte de la misma ya ha sido estudiada por autores anteriores. El enfoque del presente estudio en proceso es la porción sur de la cuenca y se presentan resultados preliminares. Tiene una estructura de medio graben, limitada en su lado oeste por la falla Los Barriles. Su límite sur es la falla San José del Cabo, con una probable edad pliocénica. En el área de estudio se reconocen dos secuencias estratigráficas. La secuencia 1 (inferior) se compone principalmente de la Formación Los Barriles, la cual lateralmente se interdigita con la Formación Trinidad. Por lo general las capas inclinan hacia el NW. La Formación Los Barriles se caracteriza por conglomerado y se formó en abanicos aluviales de alto gradiente a lo largo de la falla marginal. Hacia Este la unidad se interdigita con rocas marinas lodosas y arenosas de la Formación Trinidad, con una probable edad de Mioceno superior. La zona de interdigitación representa un ambiente de abanico deltaico. La secuencia 1 refleja una etapa de rápida subsidencia del medio graben que originó el espacio de acumulación para estos depósitos. Posteriormente ocurrió una etapa de erosión (Plioceno?), probablemente relacionado con la rotación de la cuenca y como consecuencia un relleno parcial de su porción sur. Se formaron valles fluviales y por lo tanto la secuencia 2 sobreyace discordantemente a las formaciones anteriores. Corresponde a depósitos fluviales pleistocénicos de la Formación El Chorro, la cual constituye un relleno parcial de los valles previamente formados, actualmente formando terrazas aluviales. Estos depósitos pleistocénicos ya no muestran evidencias de rotación.

#### SED-16 CARTEL

### ESTUDIO DE SECUENCIAS SEDIMENTARIAS EN EL GRABEN DE QUERÉTARO Y EVALUACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO MECÁNICO

Ortega Cervantes Carolina y Carreón Freyre Dora Celia  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
carolinaortega@ciencias.unam.mx

La zona de estudio se ubica en la parte centro septentrional de la Faja Volcánica Transmexicana y está representada por intercalaciones de secuencias sedimentarias, piroclásticas y derrames de lava basalto-andesíticos. En este trabajo se relacionan los procesos que dieron origen a las secuencias granulares que rellenan el graben de Querétaro, denominadas TpArCg y TomPyLac por Carreón Freyre et al. (2015) con sus propiedades físicas y comportamiento mecánico. Para el desarrollo del trabajo de campo se levantaron perfiles con toma de muestras y secciones geológicas en bloques limitados por las principales fallas geológicas que delimitan el graben. Se analizaron las propiedades físicas de las muestras de materiales granulares y volcánicos en el Laboratorio de Mecánica de Geosistemas (LAMG) del Centro de Geociencias de la UNAM, empleando métodos estandarizados de petrografía, sedimentología y de mecánica de suelos. Se estimó el desplazamiento vertical de las fallas principales considerando la secuencia TomPyLac, como estrato de referencia. Esta unidad fue localizada en muestras de pozo y en superficie, y puede presentar un desplazamiento de 150 m en la parte central del graben. De manera complementaria se caracterizaron las propiedades físicas y mecánicas de los núcleos de un sondeo continuo. La secuencia somera TpArCg está distribuida a lo largo de las zonas bajas del graben como un relleno sedimentario, se compone de depósitos aluviales con tamaños de grano de gravas y arenas limosas normalmente gradadas y de baja plasticidad (ML en el

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS). Mientras que, la secuencia TomPyLac se ubica a profundidades mayores en el graben, está compuesta por depósitos piroclásticos con granulometría variable de arenas finas y medias y una secuencia lacustre de alta plasticidad (MH, en el SUCS) que acomoda la mayor parte de la deformación en el graben. Los resultados obtenidos permitirán integrar las características del medio geológico en los estudios de planeación para mejorar el desarrollo urbano de la zona metropolitana de Querétaro.

#### SED-17 CARTEL

### ANÁLISIS POR DRX PARA DETERMINAR LA NO ESTEQUIOMETRÍA DE CARBONATOS ASOCIADOS A FÓSILES DE NERINEAS EN ATEXCAL, PUEBLA

Gonzalez Calixto Ana Rosenda<sup>1</sup>, Muñoz Máximo Ignacio<sup>1</sup>, Agustín Serrano Ricardo<sup>2</sup> y Rubio Rosas Efraín<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento. DITCo-BUAP  
<sup>2</sup>Facultad de Física. BUAP  
 anaglezcalixto023@gmail.com

Al sureste del municipio de Atexcal Puebla, existe una abundante riqueza de fósiles marinos ampliamente documentado (e. g., bivalvos, corales, braquiópodos, gasterópodos) descritos desde hace dos décadas. Esta disposición abarca desde la reserva Cuicateca-San Juan Raya hasta Atexcal. Los fósiles analizados en esta investigación son de la clase gasterópodos, y se encuentran ampliamente distribuidos (por miles) al SE del municipio de Atexcal Puebla. Con el propósito de contribuir al conocimiento cuantitativo y sistemático del ambiente de formación de estos fósiles de Nerineas, se ha analizado su composición química elemental por SEM-EDS, mediante la técnica de polvos de Rayos X (DRX) se ha buscado cuantificar la no estequiometría de los carbonatos a partir de las ecuaciones de Lumsden (1979), para determinar su correlación con la estratigrafía y el posible ambiente de formación de dichos fósiles. Los estudios de polvos de Difracción de Rayos X (DRX) han sido utilizados para la determinación del porcentaje de Carbonato (CaCO<sub>3</sub>) respecto al de Carbonato de Magnesio (CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) que constituyen a los minerales dolomita y calcita presentes en los fósiles de Nerineas.

#### SED-18 CARTEL

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SEDIMENTOS DE UN SISTEMA HIDROTÉRMAL SUBMARINO SOMERO

Rodríguez-Urbe María Carolina<sup>1</sup>, Núñez Cornú Francisco Javier<sup>2</sup>, Chávez-Dagostino Rosa María<sup>3</sup> y Trejo-Gómez Elizabeth<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, CuCosta

<sup>2</sup>Centro de Sismología y Volcanología de Occidente (SisVoc), Centro Universitario de la Costa, CuCosta

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, CuCosta  
 rodriguezcaro@hotmail.com

En este trabajo se realizó la clasificación granulométrica de los sedimentos superficiales del sistema hidrotermal submarino somero de Punta Mita, ubicado sobre la Fisura de las Coronas, dentro de la Bahía de Banderas, Nayarit, México. Esta actividad hidrotermal se encuentra a 300 m de la costa y a 10 m de profundidad. Fueron seleccionados tres sitios con actividad hidrotermal y cada sitio se dividió en tres áreas: i) Área con influencia hidrotermal; ii) Área intermedia y iii) Área sin influencia hidrotermal. En cada área se colectaron núcleos de sedimentos superficiales mediante buceo autónomo. Todas las muestras de sedimentos fueron sometidas a un tratamiento previo, para eliminar sales y materia orgánica, posterior a esto, se utilizó el método de Tamices de Lewis (1984), el tamaño de grano se clasificó siguiendo la escala Udden-Wentworth y se determinaron los parámetros estructurales (media, selección, asimetría y curtosis) con el método de los momentos. Un análisis de coordenadas principales fue realizado para determinar alguna asociación de los momentos estructurales con las áreas y sitios de estudio. La composición textural de los sedimentos estudiados resultó en arenas, donde el tamaño de grano dominante fue el de arenas muy finas. En cuanto a los parámetros estructurales, la media indicó tamaño de arena muy fina, el grado de selección fue de moderadamente bien seleccionada, la asimetría negativa y la curtosis indicó distribuciones leptocúrticas a muy leptocúrticas. Las áreas con influencia hidrotermal fueron diferentes al resto, presentando gravas muy finas y distribuciones platicúrticas. En conclusión, los sedimentos superficiales del sistema hidrotermal submarino somero de Punta Mita son característicos de las zonas mareales, a excepción de los sedimentos con actividad hidrotermal, ya que están condicionados por esta actividad hidrotermal.

#### SED-19 CARTEL

### NUEVAS EVIDENCIAS SOBRE EL ORIGEN DE LAS FOLIAS EN KARST EOGÉNICO

López-Martínez Rafael<sup>1</sup>, Daza Brunet Raquel<sup>2</sup>, Barragán Ricardo<sup>2</sup> y Pi Puig Teresa<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geología  
 rafaelopez283@hotmail.com

Las folias son sin lugar a duda una de las espeleotemas más enigmáticas en el mundo del karst y han sido reportada de 32 cuevas alrededor del mundo. Su

forma de campana o patas de elefante ha sido causa de discusión a lo largo de los años llegando a varios posibles modelos genéticos que van desde las teorías de fluctuación del nivel de las aguas a la desgasificación en ambientes subacuáticos. En el presente trabajo se reporta la existencia de una nueva localidad con folias en la península de Yucatán y se muestra evidencia de su formación a profundidades de entre 30-40 m. Las evidencias morfológicas apuntan a una estrecha relación entre estas espeleotemas y formas de disolución conocidas como bubble trails y por tanto asociadas a la desgasificación subacuática de burbujas de CO<sub>2</sub>. Por otra parte, el análisis de las fábricas de depósito revela que existe una alternancia entre fábricas columnares abiertas, elongadas y fábricas micríticas. El análisis petrográfico detallado muestra la formación de las fábricas micríticas a expensas de las columnares a través de procesos de corrosión y respectiva micritización. Las evidencias obtenidas en este nuevo sitio favorecen a las teorías de la desgasificación del CO<sub>2</sub> en ambientes subacuáticos por lo que se pone en duda el uso de estas espeleotemas para las reconstrucciones de los paleo-niveles freáticos. Agradecemos al proyecto PAPIIT IA103518. A los Laboratorios de Difracción de Rayos-X, Láminas delgadas, del Instituto de Geología-UNAM

#### SED-20 CARTEL

### EFFECTOS DEL AUMENTO EN EL NIVEL DEL MAR SOBRE LOS SISTEMAS COSTEROS: ESTUDIO DE CASO DE PUNTA GALETA, CARIBE PANAMEÑO

Castañeda-Posadas Carlos<sup>1</sup>, Correa-Metrio Alexander<sup>2</sup>, Jarmillo Carlos<sup>3</sup> y Moreno Enrique<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM; Facultad de Ciencias Biológicas, BUAP  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM  
<sup>3</sup>Smithsonian Tropical Research Institute  
 ccpaleo@gmail.com

La evidencia geohistórica almacenada de los sedimentos de lagos y lagunas sirve como insumo para reconstruir la historia de los ecosistemas aledaños. En el caso de las lagunas costeras, el análisis paleoambiental permite la consideración de una escala temporal amplia para analizar la respuesta de las marismas y los manglares a cambios en el nivel del mar, la salinidad, el aporte de agua dulce, entre otros. Estos cambios pueden estar vinculados a factores globales y/o regionales, como el cambio climático y los disturbios antropogénicos, estos últimos reconocidos como las principales amenazas modernas para los ecosistemas costeros. En este estudio, presentamos una reconstrucción de las dinámicas de los manglares de Punta Galeta, en la costa Caribe de Panamá. La vegetación actual consiste en rodales de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Acrostichum aureum*. Del lugar, se extrajo un núcleo de sedimentos de 4.80 m de longitud, compuesto de conchas y macrorrestos en la base y turba hacia el techo. De acuerdo con el modelo de edad, establecida a partir de 5 fechamientos de <sup>14</sup>C, la edad basal es de 4340 años antes del presente (AP). La tasa de sedimentación estimada fue de 1.33 mm/año, y estuvo caracterizada por valores más altos desde 3 m debajo de la superficie. El núcleo fue analizado en términos de su contenido polínico mediante técnicas estándar, y se determinó la composición multielemental de los sedimentos usando fluorescencia de Rayos X. Los resultados sugieren que la laguna se ha desarrollado a través de dos grandes fases a través del periodo de tiempo estudiado. La primera, entre la base del registro y 1800 AP, la zona es una planicie de inundación dominada por dinámicas de agua dulce. En la segunda fase, desde 1800 AP, el establecimiento de un ecosistema de manglar es evidenciado por la acumulación de turba y los espectros de polen correspondientes. Estos cambios se presentan de manera acoplada con las reconstrucciones regionales del nivel del mar, apuntando a este como el principal forzador de los ecosistemas costeros de la zona a través de los últimos milenios.

#### SED-21 CARTEL

### CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE LAS TERRAZAS FLUVIALES DEL CAÑÓN SANTA ROSA Y LA PLANICIE COSTERA DEL GOLFO EN LA REGIÓN DE LINARES

Palma Pérez Karla Elba  
 Facultad de Ciencias de la Tierra de la UANL  
 karla.palmapr@uanl.edu.mx

El Cañón Santa Rosa se localiza en la Sierra Madre Oriental, en la región que comunica a los municipios de Iturbide y Linares, Nuevo León, en el Noreste de México. Acompañando al Arroyo Santa Rosa, se encuentran niveles de terraza que bordean el cauce y paleocauce a lo largo de más de 27 kilómetros que incluyen estructuras y sedimentos cuaternarios que se encuentran desde los 1360 msnm en la región de Iturbide. Gran parte de la Llanura Costera del Golfo está cubierta por largas hileras de terrazas fluviales que se originan en las desembocaduras de los cañones de la Sierra Madre Oriental, con arroyos afluentes de grava procedentes de la Sierra de San Carlos. En el área de Linares, N.L. se identifican 5 niveles de terrazas. De la T1, siendo la zona de inundación actual y hasta la T5 que es la más antigua y de mayor altura. Los sedimentos fluviales se depositaron sobre marga de la Formación Méndez (Cretácico Superior), que alcanza un espesor de más de 2000 m. La Fm Méndez es extremadamente susceptible a la erosión. Los sedimentos fluviales, sin embargo, son bastante resistentes debido a su cementación por la formación de caliche. Por lo tanto, la erosión general, además de la elevación, ha llevado a una inversión del relieve, formando una secuencia de 'escaleras' desde la terraza más alta y más antigua hasta las zonas de inundación recientes. El objetivo de estudio es

identificar y correlacionar los niveles de terraza que afloran desde el Cañón Santa Rosa hasta la Presa Cerro Prieto y establecer una edad coherente con los periodos de Glaciación e Interglaciación ocurridos en el Cuaternario.

Sesión regular

# **SISMOLOGÍA**

Organizadores:  
Víctor Hugo Márquez Ramírez  
Quetzalcóatl Rodríguez

SIS-1

## EL SISMO DEL 7 DE MAYO DE 2016 (MW 5.6) EN LA ZONA DE LA FALLA DE RIVERA

Núñez Cornú Francisco Javier<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos Angel<sup>2</sup>,  
Córdoba Barba Diego<sup>3</sup>, Dañobeitia Juan José<sup>4</sup>, Bandy William<sup>4</sup>,  
Núñez Diana<sup>1</sup>, Alarcón Edgar<sup>1</sup> y Quinteros Cartaya Claudia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UdG

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM

<sup>3</sup>Universidad Complutense de Madrid

<sup>4</sup>UTM - CSIC, España

fcornu@cuc.udg.mx

El 7 de mayo, se produjo un terremoto con Mw = 5.6 en el área de contacto de la Placa Rivera, la Placa Cocos y la Trinchera de América Central, posteriormente se produjo una secuencia sísmica con más de 200 terremotos hasta el 16 de mayo. Para estudiar la actividad sísmica pasiva en la región de la Placa de Rivera y el Bloque de Jalisco, además de la Red Sísmica Telemétrica de Jalisco (RESAJ), se llevó a cabo, de abril a noviembre de 2016, el Proyecto TsuJal que incluyó el despliegue de una red sísmica temporal (TSN) con 25 estaciones digitales Obsidian con sensor Le-3D MkIII se desde la parte norte del estado de Nayarit hasta el sur del estado de Colima, incluidas las Islas Marias, siendo un total de 50 estaciones sísmicas en tierra. En alta mar, diez Sismógrafos de fondo oceánico (OBS) tipo LCHEAPO 2000 con 4 canales (3 cortos períodos sísmicos y 1 sensores de presión) fueron desplegados y recuperados por el BO El Puma de la UNAM en un arreglo desde las Islas Marias hasta la costa de la frontera de Colima y Michoacán, en el período del 19 de abril al 7 de noviembre de 2016. Observamos que la localización del sismo del 7 de mayo de 2016 proporcionada por el USGS está al norte de la Zona de Fallas de Rivera (RFZ) cerca de la Trinchera de América Central, mientras que la ubicación proporcionada por la red OBS está a unos 50 km en dirección sureste entre la RFZ y el extremo norte de la Cresta del Pacífico Oriental. El USGS reportó un mecanismo focal de falla de desgarre, mientras que los datos de la red OBS indican un mecanismo focal de falla inversa. Se presenta un análisis de esta secuencia de terremotos del 7 al 11 de mayo utilizando datos de las tres redes sísmicas locales (RESAJ, TPN y OBS) donde se relocalizaron 87 sismos.

SIS-2

## INTENSIDADES MACROSÍSMICAS DEL TERREMOTO PUEBLA-MORELOS DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 (MW 7.1)

Montalvo Arrieta Juan Carlos<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup>, Ramírez-Guzmán Leonardo<sup>3</sup>,  
Sosa-Ramírez Rocío<sup>1</sup>, Contreras Ruiz-Esparza Moisés<sup>3</sup> y Leonardo-Suárez Miguel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

juan.montalvoarr@uanl.edu.mx

En este trabajo se presenta el análisis de la información colectada por la plataforma web ¿Sintió un Sismo? para el terremoto del 19 de septiembre de 2017, ubicado en los límites de los estados de Morelos y Puebla. Este sismo ha sido uno de los más devastadores en los últimos 35 años en la parte central de México. Los datos colectados por las personas con acceso a internet posterior al terremoto nos permitieron realizar varios tipos de análisis, entre ellos evaluar (a) residuales de la intensidad de atenuación media y su relación con procesos de atenuación regional en el centro de México, así como evaluar efectos de sitio; (b) correlacionar con el patrón de daños observado a partir de diferentes censos realizados por agencias del gobierno; (c) correlacionar con las observaciones realizadas por el programa Did you feel it? del Servicio Geológico de los Estados Unidos; (e) correlacionar las intensidades macrosísmicas con parámetros pico del movimiento del terreno de las tres principales redes sísmicas que registraron este devastador terremoto. Se presenta además un análisis de la cobertura del sistema ¿Sintió un Sismo? en términos del índice de marginación desarrollado por el Consejo Nacional de Población del gobierno de México. Finalmente, evaluamos el potencial de este sistema para el proceso de toma de decisiones inmediatamente posterior a la ocurrencia del terremoto.

SIS-3

## EL ANÁLISIS DE BANDAS DE MAGNITUD COMO ALTERNATIVA AL ESTUDIO DE B DE G-R

Nava Pichardo Fidencio Alejandro y Ávila Barrientos Lenin  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
fnava@cicese.mx

Dado que se ha propuesto una relación entre el valor b de la distribución Gutenberg-Richter (G-R) y el nivel de esfuerzos, se ha utilizado la disminución de b en el tiempo como observable precursora a la ocurrencia de grandes sismos. Desafortunadamente, en la práctica la determinación correcta de b presenta serias dificultades relacionadas con la cobertura y la extensión temporal de los catálogos sísmicos, de manera que muchos estudios presentan determinaciones de b que son altamente cuestionables. El problema es particularmente grave en estudios

de variación temporal de b, pues ventanas de tiempo grandes no tienen buena definición temporal y ventanas de tiempo pequeñas no contienen suficientes datos para determinaciones confiables. Como el valor b es una medida de las razones relativas de ocurrencia de sismos de diferentes magnitudes, proponemos un método simple pero efectivo para observar dichas razones en forma directa mediante la observación de la sismicidad en diferentes bandas de magnitud a lo largo del tiempo. El método es intuitivo y relativamente simple de implementar, pero requiere de la adecuada definición de las bandas y de formas efectivas de cuantificación de los resultados. El método ha sido aplicado tentativamente al estudio de la sismicidad previa a algunos grandes sismos del norte de Baja California, el sur de California y la zona de subducción de México con resultados muy satisfactorios. Actualmente continúa el desarrollo y perfeccionamiento del método, así como el estudio de otros casos de sismos grandes y la implementación para el monitoreo y a la aplicación a la evaluación de peligro sísmico.

SIS-4

## COMPORTAMIENTO DEL VALOR B ANTES Y DESPUÉS DE GRANDES SISMS (M >= 7.0) EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN MEXICANA

Ávila Barrientos Lenin<sup>1</sup> y Nava Pichardo Fidencio Alejandro<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Centro de Investigación Científica  
y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CONACYT-CICESE  
<sup>2</sup>CICESE  
lenavila@cicese.mx

Entre las diferentes herramientas de la sismología estadística se encuentra el valor b de la distribución Gutenberg-Richter (G-R). En varios estudios se ha observado que el valor b decrece poco antes de la ocurrencia de grandes sismos; pero, desafortunadamente, no todos los estudios tienen determinaciones confiables y es necesario tener confianza en el fenómeno precursor para utilizarlo en evaluaciones del peligro sísmico. Del catálogo del Servicio Sismológico Nacional (1988 a 2019), fueron seleccionadas regiones a lo largo de la Zona de Subducción Mexicana donde ocurrieron sismos con M # 7.0, para determinar el valor b antes de la ocurrencia de cada sismo y después de la ocurrencia de la mayoría de las réplicas de éste. El valor b se determinó empleando la metodología de 'b fuente más verosímil', propuesta recientemente, que toma en cuenta el tamaño de la muestra y la extensión de la parte lineal de la distribución G-R. De todos los eventos estudiados, fue posible determinar valores confiables de b para sólo cinco de ellos cuyas regiones tuvieron más de 1000 eventos en cada una de las ventanas pre y post sismo. Los resultados confirman que el valor b es menor antes de los grandes sismos, cuando el esfuerzo es alto, que después de ellos (pasadas las réplicas) cuando el esfuerzo es menor.

SIS-5

## SIMILAR EARTHQUAKE DETECTION AND LOCATION IN THE WESTERN AND SOUTHERN PARTS OF MEXICO

González Guillermo, Husker Allen, Kostoglodov  
Vladimir, Legrand Denis y Domínguez Luis Antonio  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
geomem.gg@gmail.com

An automatic similar-earthquake detection (matched filter) and location method is proposed and applied in the western part of Mexico using data from the MARS (Mapping the Rivera Subduction Zone) network during the 2006-2007 period. Using 2254 templates we were able to detect 14258 earthquakes ranging coda magnitudes from 2.2 to 4.5. Only 30 events from the obtained catalog of similar earthquakes correspond to events recorded by the National Seismological Service (SSN), clearly indicative of the enormous power of detection of the matched filter for low amplitude events across a wide area. More than 60% of the detected earthquakes were located using P and S waves travel times with horizontal and vertical errors of less than 3 and 4 km respectively. The detected and located events were essential to map zones of high and low seismic activity over the two-year period (as was the case of the detection and seismic evolution of the 2006 swarm in the Michoacán-Guanajuato volcanic field), and to more accurately draw the subducted part of the Rivera and Cocos Plates beneath the States of Jalisco, Colima and Michoacán.

SIS-6

## SHEAR WAVE ANISOTROPY, MANTLE FLOW, AND STRUCTURE OF THE SOUTH COCOS PLATE, MEXICO

Vazquez Luis<sup>1</sup>, Valenzuela Raul<sup>2</sup> y Pérez-Campos Xyoli<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>University of Southern California, USC  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
luisalbe@usc.edu

Shear wave anisotropy was measured under the Geometry of Cocos (GECO) experiment, deployed at the eastern end of the Trans-Mexican Volcanic Belt. A possible tear in the Cocos slab has been proposed [Dougherty and Clayton, 2014; Castellanos et al., 2018]. The shear wave splitting technique [Silver and Chan, 1991] was used to measure delay time (#t) and fast polarization direction (#). Five

different zones were identified based on the orientations of the fast axes. Zones 1 and 2 are located to the south, in the fore-arc, between the Middle America Trench and the TMVB. The fast axes in Zone 1 are oriented on average N30°E and are trench-perpendicular. These observations are interpreted to indicate the existence of entrained flow under the flat Cocos slab. Zone 2 is located east of Zone 1 and shows an average fast polarization direction of N42°E, which is slightly rotated clockwise relative to Zone 1. In this region, subslab entrained flow beneath the Cocos plate is also observed. Going yet farther east, the Cocos slab dips more steeply under the Isthmus of Tehuantepec, and the fast axes are oriented at N52°E [Valenzuela and León Soto, 2017]. Zones 3, 4, and 5 are located north of Zones 1 and 2. In Zone 3 the fast polarization directions are oriented approximately N-S. This region is near the proposed slab tear [Dougherty and Clayton, 2014; Castellanos et al., 2018]. The fast polarization direction here might be explained by flow through the possible tear. However, broader seismic coverage is needed in order to reach a definitive conclusion. Zone 4 has an average fast polarization direction of N57°E. Two possible mechanisms are proposed to explain this observation, either a rupture of the Cocos slab while going north from a flat to a steeper dip (75°) might occur, or else the subslab entrained flow encounters a barrier in the steeply subducting slab and becomes deflected clockwise. If the slab is broken, the fast axes might follow the absolute motion of the North American plate given that the mantle could reach the bottom of such plate. The only two stations in Zone 5 show their fast axes oriented N-S. This region lies above the steeply subducting Cocos slab (dip of 75°). This pattern is accounted for by corner flow in the mantle wedge.

SIS-7

## SISMOTECTÓNICA DE LA ZONA DE INTERACCIÓN ENTRE LA PLACA DE RIVERA Y BLOQUE DE JALISCO Y LA ZONA DE FRACTURA DE RIVERA

Guzmán de la Cruz Miguel Ángel, Quinteros Cartaya Claudia, Núñez Diana y Núñez Cornú Francisco Javier  
*Universidad de Guadalajara, UDG*  
 m.guzdlc@gmail.com

La Placa Rivera se encuentra limitada por la Dorsal Pacífico-Rivera al oeste, al norte por la zona de fractura Tamayo y al sur por la zona de fractura Rivera. En su límite este, se encuentra el extremo septentrional de la fosa mesoamericana, zona en la cual la placa subduce bajo el Bloque de Jalisco, con velocidad de ~2 cm/año. Esta subducción presenta una velocidad mucho menor a la velocidad de subducción de la Placa Cocos, de ~5 cm/año. Algunos autores relacionan la baja tasa de convergencia de Rivera con la baja tasa de sismicidad. Sin embargo, a pesar de que la sismicidad en esta zona es relativamente baja, históricamente han ocurrido sismos de significativa magnitud ( $M_s > 7.0$ ). La distribución hipocentral de sismicidad observada en varios estudios, ha permitido interpretar un ángulo de subducción que inicia en ~10°, aumentando gradualmente hasta ~50°. Por otra parte, el límite entre Rivera y Cocos es una zona escasamente conocida y, hasta el momento, estructuras geomorfológicas como el Graben el Gordo, la zona de fractura Rivera y la Dorsal Pacífico Este, han servido de referencia en varios estudios que han buscado definir dicho límite. El presente trabajo pretende contribuir a la interpretación sismotectónica de la región, mediante el análisis de sismicidad ocurrida durante varios meses del año 2016, los cuales fueron localizados con los registros obtenidos por una red sísmica temporal instalada en el marco del Proyecto TsuJal, la cual consistió de 25 estaciones Obsidian con sensor Le-3D MKII, desde la región de Nayarit hasta Colima. Adicionalmente, se pretende relocalizar estos eventos, con registros adquiridos a partir de una red de 10 OBS (Ocean Bottom Seismometer) tipo LCHEAPO 2000, los cuales también formaron parte del Proyecto TsuJal, con el fin de tener una mayor cobertura y precisión en las estimaciones hipocentrales, así como el cálculo de mecanismos focales.

SIS-8

## DISCONTINUIDADES SÍSMICAS CORTICALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Pita-Sllim Olivia D.<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup>, González Adriana<sup>2</sup>, Quintanar Luis<sup>2</sup> y Espíndola Víctor Hugo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
 oliv.dayanara@gmail.com

Desde sismos de subducción ocurriendo en las costas del pacífico a más de 350 km de distancia y hasta sismos intraplaca cercanos como el del 19 de septiembre de 2017 en Puebla-Morelos, en la Ciudad de México hemos visto los estragos que ocasiona el paso de las ondas y vivido los efectos de estar asentados en una cuenca sedimentaria que amplifica las ondas sísmicas. Por lo anterior, el conocimiento sobre el subsuelo de la Ciudad de México es imprescindible. Para conocer su estructura se obtuvieron funciones de receptor de telesismos donde es posible identificar las fases de las ondas convertidas en las discontinuidades sísmicas del subsuelo. Se utilizaron datos de 68 estaciones sísmológicas de banda ancha localizadas en el Valle de México pertenecientes a cinco redes distintas: 33 estaciones corresponden a estaciones temporales colocadas por el Instituto de Ingeniería UNAM entre 2017 y 2018; 12 pertenecen al MesoAmerican Subduction Experiment (MASE) realizado entre 2014 y 2015; 21 corresponden a estaciones permanentes de la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), una a la Red de Banda

Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN), y finalmente una estación temporal instalada en el Zócalo de la Ciudad de México de junio a julio de 2018. En las funciones de receptor se identificaron las ondas convertidas Ps correspondientes a la discontinuidad de Mohoróvicic y se estimó una profundidad promedio de esta a ~40 km bajo la Ciudad de México, consistente con estudios previos por Cruz-Atienza et al. (2010) y Espíndola et al. (2017). Además, se encontraron discontinuidades sísmicas someras y se identificaron las trayectorias de los eventos que han cruzado por capas someras de muy baja velocidad, de aquellas que no, pudiendo diferenciar la presencia de sedimentos del lago. También, se identificó una discontinuidad sísmica en la base de la corteza en la zona poniente de la ciudad.

SIS-9

## APILADO DE CURVAS DE DISPERSIÓN, OBTENIDAS EN EL VALLE DE MÉXICO A PARTIR DE RUIDO SÍSMICO, MEDIANTE TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS

Aguilar-Velázquez Manuel J.<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup>, Baena-Rivera Marcela<sup>3</sup>, Ramírez-Guzmán Leonardo<sup>3</sup> y Pita-Sllim Olivia D.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

manuel.aguilar.411@gmail.com

La correlación cruzada de ruido sísmico entre pares de estaciones para obtener la estructura sísmica entre las mismas, ha sido explotada para calcular curvas de dispersión (CD) mediante el análisis tiempo-frecuencia de la función de Green obtenida con dicha correlación. Estas CD pueden ser utilizadas como información complementaria para realizar múltiples análisis. Un ejemplo es la inversión conjunta de las mismas con funciones de receptor (FR). Sin embargo, esta última técnica requiere una CD representativa en una coordenada específica dada por el punto de conversión de la onda P a onda S, en una profundidad determinada, de la FR. Sin embargo, por cómo están calculadas las CD, estas contienen información de la estructura entre las estaciones, lo cual no implica que haya un punto de atribución conocido para las mismas. En este trabajo, se aplicará una propuesta para obtener una CD representativa de un conjunto de curvas de dispersión, generadas por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la cuenca de la Ciudad de México. Dada la cercanía entre las estaciones con las que se cuenta, se asigna su punto de atribución en el centro de ellas y se hace un análisis geoestadístico de las CD, lo cual supone calcular el variograma del error cuadrático medio de la diferencia entre cada curva y la mediana del conjunto. El alcance del mismo, es decir, la distancia hasta donde las curvas son similares, se toma como un radio a partir del punto de conversión de una FR de interés, para el cual, todas las CD que estén contenidas dentro del mismo se apilan. El apilado se hace con la mediana de estas últimas. De esa forma, se obtiene una CD representativa en el punto de conversión de la FR, la cual se emplea en la inversión conjunta de FR y CD en dicho punto.

SIS-10

## LOCALIZACIÓN DE LA SECUENCIA SÍSMICA (12-18 DE JULIO) CON EPICENTRO EN LA CDMX

Bello-Segura Delia<sup>1</sup>, Espíndola Castro Víctor Hugo<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>1</sup>, González López Adriana<sup>1</sup>, González Avila Daniel<sup>1</sup>, Montoya Quintanar Edgar<sup>1</sup>, Felix Maldonado Rafael<sup>1</sup>, Martínez Jiménez Luis Daniel<sup>1</sup>, Cárdenas Ramírez Arturo B.<sup>1</sup>, Vite Sánchez Reynaldo<sup>1</sup>, Ramírez Ruíz Jesús Elihu<sup>2</sup> y Vela Rosas Miguel Ángel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional  
 delia@sis.sismologico.unam.mx

Por lo regular, la actividad sísmica de la Cuenca de México y su vecindad es poco numerosa y de baja magnitud. Sin embargo, sí se llegan a registrar varios sismos al año en diferentes regiones de la CDMX. Un ejemplo es la secuencia que ocurrió los días 12, 13, 14, 16, 17 y 18 de julio de 2019, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) reportó 20 sismos que fueron localizados en la demarcación territorial de la alcaldía Miguel Hidalgo, en la Ciudad de México. Los primeros cuatro se registraron el 12 de julio, a las 04:47 horas con una magnitud 2.1; a las 07:38 horas con magnitud 2.5, sentido en varias demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, a las 07:51 y a las 10:08 horas, con magnitudes 2.0 y 2.3, respectivamente. El día 13 de julio se registraron dos sismos más, uno a las 01:35 y el otro a las 11:39 horas, ambos con magnitud 2.3. El 14 de julio se registró otro a las 02:16 con magnitud 2.1. El día 16 de julio se registraron cuatro sismos más, el primero a la 01:36 con magnitud 2.5. Los siguientes tres ocurrieron a las 22:59, 23:10 y 23:18, con magnitudes 3.0, 2.7 y 2.6, respectivamente. Siendo el primero de ellos el más grande que se registró en esta secuencia desde el 12 de julio. Las coordenadas de su epicentro son 19.406° latitud N y 99.214° longitud W (Figura 1). El día 17 de julio se registraron otros seis sismos en la misma zona, a las 00:33, 00:41, 00:45, 01:04, 14:28 y 22:30, con magnitudes 2.2, 2.4, 2.4, 2.4, 2.1 y 2.0, respectivamente. El día 18 de julio se registraron los siguientes eventos a las 13:54, 15:43 y 16:32, con magnitudes de 2.2, 1.5 y 1.8 respectivamente. Aún siguen reportándose otros con epicentros cercanos a los reportados anteriormente. Si bien las magnitudes de los sismos son bajas han sido percibidos en varias colonias ubicadas entre las alcaldías Miguel Hidalgo y Álvaro

Obrigón, inclusive el de magnitud 3 fue reportado en otras alcaldías aledañas. En cuanto al origen de los sismos en la región, se piensa que son generados por la reactivación de antiguas fallas. La localización y análisis de estos sismos ha sido posible gracias a la cobertura de la Red Sísmica del Valle de México aunado a la disposición de datos de otras redes locales. Otro factor determinante en la localización ha sido el modelo de velocidades. Esta secuencia, nos recuerda la importancia de contar con una red sísmológica más densa dentro de la CDMX y contar con un modelo de velocidades más detallado.

SIS-11

### MECANISMOS FOCALES DE LA SECUENCIA SÍSMICA DE LA CDMX DEL 12-19 DE JULIO DE 2019, DE LOS SISMOS DE MAGNITUD SUPERIOR A 2.6

Bello-Segura Delia<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>1</sup>, Espíndola Castro Víctor Hugo<sup>1</sup>, Ramírez Ruiz Jesús Elihu<sup>2</sup>, Singh Shri K.<sup>1</sup> y Pérez-Campos Xyoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional

delia@sismologico.unam.mx

La secuencia sísmica que ocurrió entre el 12 y 19 de julio con epicentro en la CDMX presentó sismos de magnitud coda menor a 3 de acuerdo a lo reportado por el Servicio Sismológico Nacional (SSN). Los 20 sismos reportados fueron localizados en la demarcación territorial de la alcaldía Miguel Hidalgo, en la Ciudad de México. Se realizó el análisis de esta secuencia para determinar el tipo de falla y orientación que ha dado lugar a los sismos que se han presentado en esta zona. Algunos de los sismos reportados se registraron en suficientes estaciones de la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) haciendo posible aplicar un método de inversión para determinar el mecanismo focal de estos. Para ello se empleó el programa ISOLA el cual es un software desarrollado por J. Zahradnik y E. Sokes el cual calcula el tensor de momento y usa el modelo de fuente puntual. Uno de los resultados obtenidos fue un mecanismo focal de tipo normal del sismo de magnitud mayor de la secuencia reportado el día 16 de julio a las 22:59 horas de magnitud 3. Aunque fue posible realizar el análisis para los sismos más grandes en el caso de los que presentan magnitudes inferiores a 2.6 se requiere una mejor cobertura de estaciones y así poder realizar el cálculo del mecanismo focal mediante este método.

SIS-12

### ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA OCURRIDA DURANTE EL 2017, EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA Y SUS ALREDEDORES

Quinteros Cartaya Claudia, Solorio Magaña Guillermo, Núñez Cornú Francisco Javier, Núñez Diana y Sandoval Juan M.

Universidad de Guadalajara

quinterosclaudia@gmail.com

La sismicidad de la región noreste del Bloque de Jalisco es el resultado de un régimen tectónico extensivo que ha dado lugar a sistemas de fallas que conforman zonas de graben, tales como Tepic-Zacoalco y Chapala. Históricamente, se han reportado la ocurrencia de sismos de gran magnitud en la cercanías de la región (e.g. Ameca en 1568,  $M=7.2$ ; San Cristóbal de la Barranca en 1875,  $M=7.5$ ). Los estudios de sismicidad de esta región son de particular interés debido a su cercanía a grandes centros urbanos y zonas de desarrollo industrial, tales como la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Recientemente, se ha registrado una cantidad significativa de sismos, incluyendo diversos enjambres ocurridos desde diciembre del 2015, los cuales han presentado eventos de magnitudes de hasta  $M=4.8$ . Entre 2017 y 2018, se mantuvo operativa una red sísmica temporal constituida por 25 estaciones, en la Sierra de La Primavera, al oeste de la ZMG, en el marco del proyecto P24 del CeMIEGeo "Exploración sísmica pasiva y magnetotelúrica en los campos geotérmicos de Volcán Ceboruco y La Caldera de la Primavera". A partir de los datos adquiridos con dicha red, se ha logrado identificar más de 270 sismos ocurridos durante los primeros cuatro meses de registro, con profundidades menores a 40 km y magnitudes de hasta  $M=3.8$ , la mayoría localizados al WNW de la ZMG, en el Municipio Zapopan. Los estudios de sismicidad reciente en esta región, han observado la existencia de fallas activas que posiblemente conforman estructuras de grabens locales, no interpretados previamente y hasta ahora poco conocidos. Adicionalmente, horas después del sismo  $Mw=8.2$  del 7 de septiembre del 2017 en el Golfo de Tehuantepec, se observó una secuencia de varios eventos localizados en la Caldera de La Primavera, al oeste de la ZMG, lo que permite inferir que podría ser una actividad desencadenada por el sismo de Tehuantepec. Como contribución a los estudios de peligro sísmico, se ha propuesto continuar con análisis espacio-temporales de la actividad sísmica en esta región, así como estimaciones de mecanismos de fuente. Considerando el hecho de que sólo 2 sismos, de los más de 200 analizados, aparecen reportados en catálogos sísmicos publicados, es importante mantener el monitoreo de redes locales que permitan registrar con mayor cobertura y cercanía, la actividad sísmica de la zona.

SIS-13

### LA RED SÍSMICA DE ZAPOPAN: ESTUDIOS SÍSMICOS AL NW DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Núñez Diana<sup>1</sup>, Núñez-Cornú Francisco J.<sup>1</sup>, Quinteros Cartaya Claudia<sup>1</sup>, Escalona Alcázar Felipe de Jesús<sup>2</sup>, Suárez Plascencia Carlos<sup>2</sup>, Alarcón Edgar<sup>1</sup>, Sandoval Juan M.<sup>1</sup> y Ramírez Sergio<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UdG

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas

<sup>3</sup>Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos de Zapopan  
diana@sivvoc.mx

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se encuentra en un enclave tectónico complejo caracterizado por la intersección de los rifts de Tepic-Zacoalco, Colima y Chapala-Tula, además de la presencia del Complejo Volcánico de la Caldera de La Primavera situado en el Municipio de Zapopan. Esta región presenta numerosos sistemas de falla, muchas de las cuales se encuentran sin caracterizar y podrían haber dado lugar a terremotos y enjambres sísmicos en el pasado, como el terremoto de 1568 con  $M=7.2$  y el de 1875 con  $M=7.5$ , o las recientes secuencias sísmicas de Diciembre de 2015 y Mayo de 2016. Estudios recientes a partir del enjambre de mayo de 2016 en la zona muestran dos fallas normales prácticamente paralelas con dirección norte-sur y longitudes de 16 y 28 km, situadas al oeste de ZMG, sugiriendo la existencia de un graben, el Graben de Zapopan. Por otra parte, estudios recientes a partir de una red sísmica temporal instalada dentro del marco del proyecto P-24 del CeMIEGeo revelan una elevada sismicidad en el área de Zapopan, el valle de Testistán y la Caldera de la Primavera. Teniendo en cuenta que la ZMG es la segunda ciudad más poblada del país, la complejidad tectónica junto con elevada sismicidad en la región hace que exista un elevado riesgo sísmico que debe ser estudiado y evaluado. Por ello, en 2016 se firma un convenio bilateral entre el Grupo de Investigación CA-276-SisVoc de la Universidad de Guadalajara y la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos de Zapopan para la instalación de una red sísmica local. Esta red se instaló en septiembre de 2018 y consiste en tres estaciones sísmicas modelo Obsidian 8X con sensor LE3D Lennartz (1 Hz) y acelerómetro triaxial EpiSensor FBA ES-T (Kinematics) y dos acelerógrafos que operan junto con las estaciones cercanas de la RESAJ. En este trabajo, presentamos los primeros resultados obtenidos a partir de la Red Sísmica de Zapopan.

SIS-14

### SISMICIDAD SOMERA RECIENTE EN LA ZONA CENTRAL DE VERACRUZ Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LA FALLA DEL SISMO DE 1920

Córdoba-Montiel Francisco<sup>1</sup>, Iglesias Arturo<sup>2</sup>, Castro Artola Óscar Alberto<sup>3</sup> y Sieron Katrin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana, UV

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica de la UNAM

<sup>3</sup>Universidad de Artes y Ciencias de Chiapas (UNICACH)  
fcordoba@uv.mx

Desde inicios de 2019, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha reportado una notoria actividad sísmica somera dentro de un área bien definida del sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, en donde se encuentra la probable zona epicentral del sismo del 3 de enero de 1920, ocurrido a una distancia epicentral de aproximadamente 30 km al suroeste de la ciudad de Xalapa en el estado de Veracruz. Este evento está considerado como el segundo que más pérdidas humanas ocasionó en el siglo pasado y aunque no se conoce el tipo de fallamiento que le dio origen, se asume que se trató de un evento normal con una profundidad cercana a los 10 km y una magnitud  $Mw=6.4$ . Hasta finales de julio de 2019, la sismicidad reportada por el SSN en la zona de interés consistió en 32 eventos de baja magnitud, de los que se distinguen cuatro de ellos por alcanzar una  $M=4$ . Dichos sismos muestran un alineamiento en la dirección E-O a lo largo de un transecto de unos 80 km, distribuidos en tres "nidos" de eventos. Los primeros dos se suscitaron en las cercanías de Xico, a unos 20 km de Xalapa y separados entre sí por una distancia de 3 km y una ventana de tiempo de 48 horas. El tercero de ellos se localizó en el extremo oriental, donde se ubican otros eventos de magnitud menor con una distribución no agrupada claramente. El cuarto evento ocurrido más recientemente, se encuentra en el extremo oeste en un área, que pertenece al Campo Volcánico Serdán Oriental, en la que se muestra una considerable concentración de sismos al E de Las Derrumbadas. Los sismos ahí ocurridos se caracterizaron por presentarse como enjambres sísmicos previos a la presentación del sismo más importante referido. El cálculo del tensor del momento para el sismo de mayor magnitud muestra una falla de tipo normal cuya orientación de sus planos nodales coinciden con la alineación que se observa en la sismicidad reportada, lo que sugiere en principio la posibilidad que de acuerdo con la zona epicentral del sismo de 1920, se trate de eventos asociados a la falla de éste o sismos relacionados con alguna otra falla activa que se localice en una dirección paralela.

SIS-15

## ANÁLISIS DE TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO REGIONAL EN EPISODIOS DE SISMICIDAD RECIENTE EN EL NORTE DE MÉXICO

Gómez González Juan Martín<sup>1</sup>, Ricardez Puentes Luis Fernando<sup>2</sup> y González Huizar Héctor<sup>3</sup><sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM, CGEO<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Básicas.<sup>3</sup>Department of Geological Sciences, University of Texas at El Paso, Texas, USA  
gomez@geociencias.unam.mx

Durante mucho tiempo la región norte de México ha sido considerada como asismica. Sin embargo, el reciente despliegado de estaciones sísmicas de banda ancha, por parte del SSN y redes locales temporales, evidencia la existencia de núcleos de sismicidad compuesta por eventos pequeños y moderados ( $3.5 < M_w < 5.3$ ). Además, la disponibilidad de datos internacionales de IRIS representa una gran oportunidad para estimar los parámetros de la fuente sísmica mediante la inversión del Tensor de Momento Sísmico Regional (TRMS). Utilizamos formas de onda completas de períodos cortos a intermedios (10 – 50 s), cuya calidad, en su relación señal/ruido, permite resolver incluso eventos pequeños. El método realiza varias profundidades de prueba hasta encontrar la de mejor ajuste. Una inversión iterativa proporciona la zona de ajuste máximo en el espacio del tensor de momento. Investigamos los efectos de las fuentes someras, el sesgo en las soluciones y la estimación del rendimiento. Entre los puntos más delicados de nuestro análisis está el efecto de la estructura de velocidad. Si bien la poca profundidad de los eventos puede afectar la recuperación del TMSR en las funciones de Green calculadas, la combinación de varios parámetros estadísticos facilita estimaciones razonables de las soluciones. La distribución no homogénea de estaciones y eventos, el nivel de ruido variable y las imprecisiones en las localizaciones de los sismos afectaron la calidad de nuestras soluciones, la cual clasificamos en tres grupos: A para las soluciones bien resueltas en la profundidad, el mecanismo focal y la  $M_w$ ; B para las soluciones con  $M_w$  bien resuelto; y C para las soluciones poco confiables. En el caso de los eventos más grandes ( $M_w \sim 5.5$ ) la mayoría correspondieron a soluciones de calidad A. Para los de  $M_w \sim 4.5-5.5$  las soluciones fueron de calidad A y B. La información obtenida en esta investigación, junto con la tendencia de la sismicidad, sugiere la orientación de algunas estructuras. Si bien los hipocentros de los tensores obtenidos aún están muy separados espacialmente entre sí para precisar la ubicación de las probables estructuras sismogénicas, nuestros resultados remarcan la importancia de las estaciones sísmicas permanentes recientemente desplegadas en la región, pero también muestran la necesidad de incrementar su densidad para avanzar en el conocimiento sismotectónico regional.

SIS-16

## ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA CIUDAD DE QUERÉTARO, MÉXICO, BASADO EN MEDICIONES DE REGISTROS DE VIBRACIÓN AMBIENTAL CON INSTRUMENTACIÓN DE BANDA ANCHA

Clemente Chávez Alejandro<sup>1</sup>, Figueroa Soto Ángel<sup>2</sup>, Zavala Gutiérrez Noel<sup>1</sup> y González Martínez Mario<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
ing\_accch@hotmail.com

Querétaro, ciudad ubicada en la parte central del país México, en la zona del Cinturón Volcánico Mexicano (MVB), ciudad clave en el desarrollo del país México, donde cada día arriban 23 familias (CONAPO, 2014), situación que exige una mejor planeación en las edificaciones bajo un marco normativo sustentado en estudios locales. Algunos autores han reportado parámetros sísmicos característicos de la ciudad, sin embargo, éstos han sido parciales tanto en cobertura instrumental en el área como en información presentada (Bustillos, 2005; Clemente et al., 2014; González-Martínez, 2014; Manilla et al., 2017); esto último debido a que la instrumentación empleada es de rango limitado de frecuencias. El presente trabajo muestra un mapa de zonificación sísmica de la ciudad de Querétaro y su zona conurbada basado en períodos del suelo y amplitudes, ambas estimadas por mediciones de vibración ambiental con instrumentación de banda ancha, equipo empleado por primera vez en la zona, que permiten resultados en un rango amplio de frecuencias, como ninguna otra medición previa. La metodología empleada es: 1) aplicación de la Técnica HVNR (Horizontal to Vertical Noise Ratio- Cociente Espectral) con la medición de ruido ambiental de alrededor de 76 sitios; 2) un cruce de información geológica, y 3) recomendaciones de Martínez (2015). Los resultados sugieren una zonificación en 3 zonas: roca, intermedia y blanda; el resto de resultados son mostrados en detalle. Toda la información está disponible para formar parte de normatividad local.

SIS-17

## UN MODELO DE ESTRUCTURA DE VELOCIDADES DE CORTEZA PARA LA REGIÓN DE LAS SIERRAS PENINSULARES DE BAJA CALIFORNIA - SUROESTE DE LA LAGUNA SALADA, MÉXICO

Ramírez Ramos Erik E.<sup>1</sup>, Vidal Villegas José Antonio<sup>2</sup>, Ramírez Hernández Jorge<sup>1</sup>, González Fernández Antonio<sup>2</sup> y Stock Joann M.<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE<sup>3</sup>California Institute of Technology

ramirez.erik@uabc.edu.mx

Con el objetivo de proponer un modelo de estructura de velocidades de onda P, realizamos un estudio sísmico de refracción en la región de las Sierras Peninsulares de Baja California - suroeste de la Laguna Salada. Para ello instalamos 30 estaciones sísmicas portátiles de tres componentes, complementadas con dos estaciones permanentes de 6 componentes de la Red Sísmica del Noroeste de México. Las estaciones, espaciadas # 6 km a lo largo del perfil de refracción registraron dos explosiones: el tiro directo, ubicado al sur de la ciudad de Ensenada, y el tiro reverso ubicado en el suroeste de la Laguna Salada. Los ensamblajes muestran sismogramas con arribos impulsivos de P en estaciones cercanas. Mediante el uso de la teoría asintótica de rayos, se modelaron las trayectorias de la señal sísmica derivada de las dos explosiones para obtener un modelo de velocidades de onda P de 0 a # 15 km de profundidad a lo largo del perfil de refracción. Desde el sur de la ciudad de Ensenada hacia la Laguna Salada, nuestros resultados de modelado son los siguientes: i) en la parte suroeste del perfil (0 a 25 km de distancia en el perfil) modelamos una zona de baja velocidad, # 2 km/s, de 0 a 3.5 km de profundidad, ii) en Sierra Juárez, la velocidad media de la onda P es # 5.6 km/s de 0 a 5 km de profundidad y iii) en el suroeste de Laguna Salada modelamos una capa de baja velocidad de # 2.5 km/s, de 0 a # 2 km de profundidad. A lo largo del perfil, modelamos una capa de # 6.5 km/s de 4 a 12 km de profundidad en la región de Ensenada-Ojos Negros, y de 4 a 8 km de profundidad debajo del suroeste de la Laguna Salada. A distancias de 0 a 50 km a lo largo del perfil, encontramos una zona de velocidad de # 6,7 km/s a profundidades 12 a 15 km.

SIS-18

## ESTIMACIÓN DE LA DISCONTINUIDAD CORTEZA – MANTO PARA EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO CON EL USO DE LA FUNCIÓN RECEPTOR

Ramírez Ramos Erik E.<sup>1</sup>, Vidal Villegas José Antonio<sup>2</sup>, Bataille Bollweg Klauss D.<sup>3</sup>, Ramírez Hernández Jorge<sup>1</sup> y Stock Joann M.<sup>4</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE<sup>3</sup>Universidad de Concepción, Chile<sup>4</sup>California Institute of Technology

ramirez.erik@uabc.edu.mx

En el norte de Baja California se realizó un estudio de función receptor para estimar la discontinuidad corteza-manto (Moho), y así complementar a los trabajos de refracción sísmica, realizados durante 2014-2016, con el propósito de estimar las características de corteza de la región. Nuestra base de datos consistió en registros de banda ancha (obtenidos de 2014 a 2016) principalmente en 24 estaciones de la Red Sísmica del Noroeste de México y en 5 estaciones temporales. Los registros obtenidos correspondieron a 66 telesismos registrados a distancias de entre 30 y 95 grados de la región de interés. Para el preprocesamiento de las señales, se construyó una base de datos con los sismos mencionados, se seleccionó una ventana de interés (~ 5 mins.) y se llevó a cabo la corrección por efecto de instrumento. En el procesamiento de las señales se usaron los softwares SEISAN (para la selección de las ventanas de interés), SAC (con las series de tiempo seleccionadas y la información de la estación y del telesismo correspondiente). Las funciones receptor fueron calculadas con el uso del software Python (módulo rf). A partir de nuestros resultados preliminares podemos comentar que hay un adelgazamiento del Moho con ~ 40 km para las Sierras Peninsulares de Baja California, de 25 a 15 km para la región de Laguna Salada y de 15 a 10 km para el Valle de Mexicali.

SIS-19

## ANÁLISIS EN FRECUENCIA DE LAS EXPLOSIONES MÁS FUERTES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DE ENERO A JUNIO DEL 2019

Aquino Sandoval Gilberto Crispin<sup>1</sup> y Cuenca Sánchez Julio Cesar<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

gaquinos@outlook.com

Se analizaron espectralmente los registros sísmicos en la estación sismológica "PPIG" de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional de las explosiones más fuertes del volcán Popocatepetl durante los meses de enero hasta junio del 2019. Durante

este periodo, se analizaron 24 explosiones, de los cuales, dos ocurrieron en el mes de enero, una en febrero, nueve en marzo, seis en mayo y cinco en junio. No se presentó ninguna explosión fuerte en el mes de abril. Para cada registro se obtuvo su espectro de amplitud y su espectro evolutivo. La frecuencia de las explosiones está alrededor de 0.8 y 1.5 Hz, muy similar a los eventos LP. Además, en dichas explosiones más fuertes se identifica una onda de choque propagándose superficialmente y con retraso respecto al inicio de la explosión, que es observada en los espectros evolutivos con una frecuencia mayor a 10 Hz. En algunas explosiones no se observó la onda de choque, correspondiendo a su menor intensidad. De igual manera, se analiza 6 horas de tremor armónico, obteniendo su frecuencia de 2 Hz. Se realizó el método H/V para observar el efecto de sitio. Se obtuvieron dos frecuencias de 0.55 Hz. y 13 Hz. debido a la complejidad geológica del volcán (capas no horizontales). Finalmente se realizó una correlación visual entre los eventos sísmicos e imágenes de las explosiones de las cámaras establecidas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), utilizando principalmente las ubicadas en Alzomoni y Tlamacas, las cuales se ubican al norte del Volcán, y Chiquipixtle, la más cercana al volcán, ubicada al suroeste. También, se utilizó la red de cámaras de "webcams de México", utilizando las cámaras de San Nicolás de los Ranchos, Amecameca y la ciudad de Puebla.

SIS-20

### ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL CAMPO VOLCÁNICO MASCOTA, JALISCO PARA EL PERIODO AGOSTO 2018 – ENERO 2019

Zamora Camacho Araceli<sup>1</sup>, Olvera Cortés Moisés<sup>1</sup>, Espíndola Juan Manuel<sup>2</sup> y Márquez Ramírez Víctor Hugo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, UdeG

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Centro de Geociencias UNAM-Campus Juriquilla, CGEO araceli.zamora@cuc.udg.mx

El oeste de México es una zona con gran actividad sísmica caracterizada por la subducción de las Placas de Cocos y Riviera debajo de la Placa Norteamericana formando un punto triple difuso (DeMets et al., 1994). En esta parte del país se encuentra enclavado el Bloque de Jalisco (BJ) el cual cuenta con cuatro campos volcánicos (Los Volcanes, Ayutla, Tapaipa y Mascota) de los cuales el más joven según estudios realizados por Lange et al., 1991 y Carmichael et al., 1996 es el Campo Volcánico Mascota (CVM) con la última actividad volcánica reportada, aproximadamente 0.6 Ma. Tiene un área de ~2000 km<sup>2</sup> con 87 conos pequeños y coladas de lava con edades entre 2 Ma y 0.5 Ma de composición tanto alcalina como calco-alcalina (Ownby et al., 2008), además de ser un campo volcánico monogenético presenta numerosas fallas muchas de las cuales no están caracterizadas y podrían dar lugar a la sismicidad local. Considerando que la sismicidad solo se conoce marginalmente en relación a la del BJ ya que en la zona no existen estudios que aporten información para inferir tanto la estructura interna, así como determinar el origen del CVM se instaló una Red de Monitoreo Sísmico (RSTCVM) con tres estaciones de banda ancha, marca Guralp, modelo CMG-6TD que lleva operando desde octubre 2016. En octubre de 2018 se instaló una cuarta estación en la comunidad "Los Lobos", Mpo. Talpa de Allende. En este trabajo se presentan los resultados de las localizaciones en el periodo agosto 2018 – enero 2019, y el cálculo de magnitud. Los sismos tienen Mc entre 0 y 4.5 y profundidades de hasta 40 km. Este trabajo ha sido apoyado por los proyectos CONACYT Problemas Nacionales PDCPN2015-163 y UNAM-DGAPA 2018PAPIIT-IA103618.

SIS-21

### ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE BIRREFRINGENCIA SÍSMICA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUEBLA, MÉXICO

Chacón Francisco<sup>1</sup>, Zúñiga Ramón<sup>1</sup>, Lermo Javier<sup>2</sup>, Fernández Francisco<sup>1</sup> y Hernández Javier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería UNAM

chacon@geociencias.unam.mx

Se realizó un estudio de características anisótropas basadas en los parámetros de división de la onda de cizalla o Shear Wave Splitting (polarización rápida de la onda de cizalla y tiempo de retraso) a partir de micro terremotos registrados en estaciones sísmicas instaladas en el Complejo Volcánico Los Humeros, Puebla, México, desde 2011 hasta 2016. Este análisis se centró en determinar los efectos vinculados a la práctica de inyección de fluidos y cómo se ha afectado el régimen de esfuerzo tectónico, comparando las orientaciones de las estructuras principales con estudios previos realizados. Las polarizaciones de onda cortante rápida mostradas en diagramas de rosas fueron casi similares en la mayoría de los casos durante el período analizado, con una dirección preferencial de NW - SE, siguiendo la orientación de la mayoría de las fallas en el campo geotérmico Los Humeros, pero en otros casos es posible ver polarizaciones secundarias WNW - ESE y ENE - WSW relacionadas con fallas locales menores sin nombre en algunos casos, alteradas por cambios en el ambiente tectónico y por un muy probable fenómeno de presión de poro. La tendencia anual obtenida fue entre -21° y -42°, sin embargo, esta tendencia es diferente de julio de 2014 a junio de 2016, en donde una prueba estadística muestra cambios en el nivel de esfuerzo exactamente cuando la producción de

inyección de fluido comienza a aumentar. Por otro lado, observaciones del parámetro tiempo de retraso presentan un rango entre 0.025 s a 0.07 s para todas las estaciones sísmicas, con algunos valores individuales que alcanzan 0.15 s, los cuales pueden considerarse como sistemas que rayan en niveles de fracturamiento crítico. No obstante, los gráficos de los promedios anuales de 2014 a 2016 indican un cambio en el nivel de esfuerzo (disminución), similar a nuestros resultados de polarizaciones rápidas de onda cortante, y también confirmado por una prueba estadística. Por otro lado, este parámetro ha permitido caracterizar las principales rutas de permeabilidad en el campo geotérmico, indicando a la falla de Los Humeros como la principal ruta de permeabilidad de las fuentes de calor internas.

SIS-22

### TENSORES DE MOMENTOS PARA SISMOS VOLCÁNICOS EN BÁRDARBUNGA, ISLANDIA: ENTENDIENDO EL PASADO PARA INFERIR EL FUTURO

Rodríguez Cardozo Félix Rodrigo<sup>1</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>2</sup>, Jónsdóttir Kristín<sup>3</sup>, Franco Sara<sup>2</sup>, Geirsson Halldor<sup>4</sup>, Iglesias Arturo<sup>2</sup> y Calò Marco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup>Oficina Meteorológica de Islandia

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad de Islandia

frodriguezcardozo@gmail.com

El volcán Bárðarbunga se sitúa al noreste del glaciar Vatnajökull en Islandia. Es un sistema volcánico maduro compuesto de una caldera de 110 km<sup>2</sup> y un sistema de fisuras creadas por la actividad del margen divergente entre las placas de Norteamérica y Eurasia (Thordarson and Larsen, 2007). En agosto de 2014, el volcán entró en intensa actividad hasta febrero de 2015, convirtiéndose en la erupción más grande en Europa desde el siglo 18. De la cámara magmática salieron aproximadamente 1.5 km<sup>3</sup> de magma basáltico, el cual migró 45 km subglaciariamente a través de un sistema de diques, hasta finalizar en una erupción fisural donde 1.1 km<sup>3</sup> de lava se virtieron en Holuhraun (Sigmundsson et al., 2015). De manera simultánea a la erupción, la caldera iba colapsando hasta alcanzar una máxima subsidencia de 65 m en el centro (Gudmundsson et al., 2016). Durante los 6 meses del colapso de la caldera y la erupción fisural, cerca de 30 000 sismos fueron registrados, incluyendo 77 eventos con magnitudes mayores a 5.0. Los sismos pueden ser divididos en dos grandes categorías: (1) sismos de colapso de caldera y (2) sismos en el dique. La geometría curva de las fallas en la caldera, en conjunto con el drenado de la cámara magmática; crean un contexto sísmico complejo en Bárðarbunga. Tensores de momentos (MT's) confiables proveen pistas claves para representar con precisión la física de la fuente de estos eventos y por tanto, entender adecuadamente los detalles sismotectónicos del evento eruptivo. MT's invertidos por el Global Centroid Moment Tensor Project (GCMT) y por Hensch et al., 2015 para los sismos más grandes, muestran mecanismos focales normales con una gran componente no doble par (CLVD). Posteriormente, MT's incluyendo sismos más pequeños fueron calculados a través de un método bayesiano de inversión de la polaridad de la onda P (Ágústssdóttir et al., 2016, 2019). En las soluciones a través de este último método, mecanismos focales doble par (DC) son predominantes tanto en la caldera como en el dique. En este trabajo, se muestra un catálogo de MT's obtenido a través de la inversión de la forma de onda completa a distancias regionales y locales para sismos mayores a 3.5. El catálogo abarca desde los eventos asociados a la erupción hasta la actualidad (2014-2019). Las soluciones obtenidas para los sismos del evento eruptivo (2014-2015) permiten describir de manera detallada no sólo los dos fenómenos más relevantes: el colapso de la caldera y la migración del magma, sino también estadios intermedios, como eventos asociados al proceso asimétrico del colapso y la apertura y cierre del dique que marcan el inicio y el final de la erupción. Para la sismicidad más reciente (2016-2019), el catálogo permite identificar un cambio en el sistema volcánico posterior a la erupción, donde es posible inferir un escenario de recarga de la cámara magmática.

SIS-23

### TOMOGRFÍA SÍSMICA TRIDIMENSIONAL DE DOBLE DIFERENCIA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUEBLA

Cruz Stephani<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>2</sup>, Angulo Joel<sup>2</sup>, Granados Iván<sup>2</sup>, Figueroa Ángel<sup>1</sup>, Jousset Philippe<sup>3</sup>, Toledo Tania<sup>4</sup> y Gaucher Emmanuel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, IPN

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

<sup>4</sup>GFZ-Potsdam

<sup>5</sup>Karlsruhe Institute of Technology, KIT

stephani.cruz@hotmail.com

El campo geotérmico de Los Humeros es considerado un yacimiento súper caliente al superar los 300°C en sus pozos productores, con una capacidad instalada de 94 MW. Debido a estas características es de suma importancia conocer en detalle la estructura profunda del yacimiento, para mejorar su explotación así como planear posibles actividades de expansión del campo. En el marco del proyecto colaborativo entre México y Europa, GEMex, se instaló una red de 45 sismómetros (20 de periodo corto a 1 s y 25 de banda ancha a 120 s) desde Septiembre 2017 hasta Octubre del 2018, con el fin de estudiar, caracterizar y monitorear el campo

geotérmico. Durante este año se detectaron y localizaron 487 sismos locales, con profundidades de hasta 6 km, la mayoría de ellos localizados en la parte NW del campo geotérmico. En este trabajo se presenta el primer modelo 3D de velocidades en el campo geotérmico de Los Humeros hasta 5 km de profundidad, a partir de los modelos de velocidad de las ondas P y la relación VP/VS. Aplicando el método de tomografía de Doble Diferencia (Zhang & Thurber, 2003), se realizó la inversión conjunta de los tiempos de arribo absolutos y diferenciales, calculados entre pares de sismos cercanos registrados por la misma estación. Se realizaron pruebas con datos sintéticos que permiten evaluar la confiabilidad del método, logrando obtener una buena resolución de cuerpos con volumen de  $1 \times 1 \times 0.5$  km<sup>3</sup>. Para mejorar la confiabilidad de los resultados se generaron 21 inversiones con diferentes modelos mediante la rotación y traslación del mallado. Utilizando el método Weighted Average Model (Calò, 2009) los resultados fueron interpolados y promediados en una malla de referencia, lo que permite obtener un modelo final más detallado respecto a una tomografía realizada con métodos tradicionales. Al afinar las velocidades del modelo se consiguió reconstruir a detalle la estructura dentro de la caldera de Los Potreros donde se encuentran los pozos de la central geotermoeléctrica. Las anomalías de velocidad observadas delimitan la caldera con gran precisión y la relación con los hipocentros permiten definir los sistemas de fallas dentro de la misma. Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACyT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084 y Horizon 2020, grant agreement No. 727550.

SIS-24

### INVERSIÓN DE LOS TENSORES DE MOMENTOS DE GRADO SUPERIOR DEL SISMO DE KAİKÖURA (Mw7.8) DE 2016

Juárez Alan y Jordan Thomas H.  
University of Southern California  
alanjuar@usc.edu

El sismo de Kaikōura, Nueva Zelanda, de Mw7.8 de 2016 es uno de los eventos más complejos que se han registrado. Este sismo rompió más de veinte fallas en a corteza y la zona de subducción con diferentes rumbos, echados y direcciones de deslizamiento. Siguiendo la teoría de Jordan y Juarez (GJI, 2019), cualquier fuente sísmica de complejidad arbitraria puede ser representada como la suma de seis campos de tensores ortogonales de momentos sísmicos. En el límite de la fuente puntual, el término de grado cero, o monopolo, es el tensor de momentos del centroide (CMT por sus siglas en inglés) y cada término de grado mayor puede expresarse como el producto de un tensor multipolar con un tensor de momentos ortogonal. En este trabajo, desarrollamos un método Bayesiano de inversión secuencial para estimar los tensores de momentos, o mecanismos de la fuente, de grado superior y los tensores multipolares a partir de datos sísmicos. El primer paso consiste en estimar el CMT, después el término dipolar mas un término de corrección por el CMT. Posteriormente, el cuádrupolo más correcciones de grado menor son estimados y así sucesivamente. En cada paso, la significación estadística de cada término es calculada. Este método es aplicado a datos del sismo de Kaikōura. Los términos asociados con el dipolo y el cuádrupolo coinciden con modelos publicados de falla finita. Los términos de grado superior cuantifican la complejidad de la fuente sísmica y la emisión de ondas sísmicas que no es representada por el CMT. La estimación de estos tensores de momentos provee restricciones integrales a parametrizaciones espaciotemporales de fuentes sísmicas complejas, tales como inversiones de falla finita.

SIS-25

### ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA CORTICAL 1-D DE Q EN LA REGIÓN CENTRAL DE ITALIA USANDO ONDAS DE CORTE

Castro Escamilla Raúl Ramón<sup>1</sup>, Pacor Francesca<sup>2</sup> y Spallarossa Daniele<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., CICESE  
<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Milan, Italy  
<sup>3</sup>Università degli Studi di Genova, DISTAV, Genova, Italy  
raul@cicese.mx

Determinamos un modelo unidimensional del factor de calidad Qs para las ondas de corte en la región central de Italia usando 1029 sismos de magnitudes Mw entre 3.0 y 6.0 registrados en 414 estaciones locales. Primero determinamos funciones no-paramétricas de atenuación, mediante una inversión generalizada, en una banda de frecuencias de 0.5 a 20 Hz y en un rango de distancias hipocentrales menores de 155 km. Con estas funciones de atenuación corregimos los registros espectrales observados y eliminamos los efectos de la fuente y de sitio, calculando cocientes espectrales entre los espectros originales y los corregidos. Mediante una segunda iteración encontramos valores discretos de Qs para un medio estratificado de tres capas (0-4 km, 4-10 km y 10-15 km) y cuatro frecuencias (0.5, 1, 4, 10 y 20 Hz). Encontramos que Qs aumenta con la frecuencia en todas las profundidades consideradas y tiende a tener valores bajos a profundidades someras. El valor promedio de Qs es consistente con los valores de Qs reportados en estudios previos en la región de Italia central y puede aproximarse con la función  $Qs(f) = 44 f^{0.9}$ . Para describir la dependencia de Qs con la frecuencia a diferentes profundidades, determinamos las siguientes relaciones:  $Qs = 6 f^{1.25}$  para 0-4 km y  $Qs = 51.5 f^{0.9}$  para 4-15 km de profundidad. Concluimos que el modelo de Qs obtenido, que es dependiente de la profundidad, es útil para mejorar la caracterización de la atenuación sísmica en la región central de Italia.

SIS-26

### ALONG-STRIKE CHANGES IN FAULTING AND STRUCTURE OF THE MAIN HIMALAYAN THRUST IN NEPAL

Karplus Marianne, Pant Mohan y Velasco Aaron  
University of Texas at El Paso  
mkarplus@utep.edu

The collision of the India and Eurasia plates at c. 55-60 Ma created the Himalaya, the world's highest mountains and largest continental-continental collision. This convergent zone presents a significant earthquake hazard, as demonstrated by the recent, devastating April 25, 2015 M=7.8 Gorkha earthquake and the following May 12, 2015 M=7.3 earthquake, which killed more than 8,000 people. Despite previous studies in the region, important questions remain, including distinguishing possible geometries of the Main Himalayan Thrust (MHT), the role of other regional faults and the details of the rupture process, including structural causes and locations of rupture segmentation both along-strike and down-dip. We present recent results from the Nepal Array Measuring Aftershock Seismicity Trailing Earthquake (NAMASTE) project demonstrating along-strike changes in faulting and structure of the Main Himalayan Thrust from local earthquakes and receiver functions. The NAMASTE network included 46 broadband and short-period seismometers located across eastern and central Nepal and spanned the earthquake rupture area, approximately 210-km along-strike by 110-km across strike, with a station spacing of ~20 km. We compare structure of the Himalayan seismogenic zone with subduction seismogenic zones.

SIS-27

### ESTIMACIÓN MARKOVIANA DE PELIGRO SÍSMICO EN JAPÓN

Gutierrez Peña Quiñat Jearim<sup>1</sup>, Nava Pichardo Fidencio Alejandro<sup>1</sup>, Castro Escamilla Raúl Ramón<sup>1</sup>, Márquez Ramírez Víctor Hugo<sup>2</sup> y Glowacka Ewa<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM  
quiñat@cicese.edu.mx

Presentamos un método que utiliza un modelo markoviano para la evaluación del peligro sísmico (la probabilidad de que ocurra uno o más sismos en un rango de magnitud y en ventanas de tiempo y espacio dadas) para sismos de gran magnitud, y calcula medidas de robustez, incertidumbre, markovianidad, significatividad, etc., que permiten saber cuánta confianza puede tenerse en los resultados de la evaluación. Aplicamos el método a la estimación del peligro sísmico en Japón; con datos del catálogo de la ISC versión 6.0 consideramos como sistema un área geográfica sísmicamente activa dividida en cuatro regiones y los estados markovianos corresponden a la ocurrencia de un sismo en alguna de las regiones, delimitamos las regiones con base en las principales estructuras tectónicas y en la sísmicidad. Probamos dos estrategias: una sola magnitud umbral para todas las regiones y magnitudes umbral diferentes para cada región que resulten en poblaciones similares para todas las regiones. Se observa que para ambas estrategias magnitudes umbral Mw # 7 resultan en estimaciones más markovianas y, en general, mejores, que las resultantes de magnitudes umbral menores.

SIS-28

### CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL Y ESTUDIO CORTICAL MEDIANTE LA POLARIZACIÓN DE ONDAS RAYLEIGH

Córdoba-Montiel Francisco<sup>1</sup>, Schimmel Martin<sup>2</sup>, Iglesias Arturo<sup>3</sup> y Castro Artola Óscar Alberto<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Veracruzana, UV  
<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra Jaime Almera del CSIC  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica de la UNAM  
<sup>4</sup>Universidad de Artes y Ciencias de Chiapas (UNICACH)  
fcordoba@uv.mx

En este trabajo se emplea un método para la medición de la elipticidad de ondas de Rayleigh a partir de registros de ruido sísmico triaxiales de banda ancha para su aplicación en estaciones del Servicio Sismológico Nacional y estaciones sísmicas de arreglos temporales implementados en México tales como MASE y VEOX. El análisis de la dirección (Baz) y el grado de polarización de la elipticidad (DOP-E) es recuperado para diversos intervalos de tiempo. Con la finalidad de determinar las principales fuentes de ruido sísmico regionales en México, se procesaron datos de ruido ambiental de diversas estaciones de interés durante periodos mensuales hasta un lapso completo de un año, bajo un criterio de distribución de receptores en sitios estratégicos en el territorio de México. El objetivo de este ejercicio fue determinar ubicación y la variación estacional de las fuentes de ruido ambiental típicas del área de interés. El procedimiento de determinación de la dirección de polarización y el grado de polarización (DOP) permite también establecer, de manera estadística, la relación de amplitudes de la componente horizontal entre la componente vertical (H/V) para diferentes frecuencias. A partir de lo anterior, fue posible observar variaciones en los cocientes H/V en estaciones ubicadas en México que parecen obedecer a cambios súbitos en la estructura cortical principalmente en la costa del Pacífico, donde fue evidente un patrón que debe examinarse con mayor detalle

de acuerdo a la tectónica de la región. Por último, siguiendo trabajos previos, se invierten algunas de los cocientes H/V obtenidos con el fin de determinar algunos parámetros relevantes de la estructura de la corteza superficial.

SIS-29

### EL PARENTESCO SÍSMICO Y LAS FAMILIAS: CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD PRECURSORA A GRANDES SISMOS

Reynoso Reynoso Halia Azucena, Nava Pichardo Fidencio Alejandro y Glowacka Ewa  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
hrey noso@cicese.edu.mx

Cambios en las características de la distribución espacio-temporal de la sismicidad de fondo (eventos de pequeña a mediana magnitud) pueden dar información precursora a la ocurrencia de terremotos (sismos de gran magnitud). Una de dichas características es la relación de parentesco que estudia si algunos sismos pueden haber influenciado la ocurrencia de otros; el parentesco es interpretado como una manifestación de altos niveles de esfuerzo en la región estudiada. El parentesco es observable en datos reales de sismicidad del sur de California y el norte de Baja California y sólo en ventanas de tiempo poco antes de la ocurrencia de sismos grandes. Se plantea que, próximo a ocurrir un gran sismo, los sismos de fondo presentan parentesco y los sismos emparentados están estructurados como familias y la estructura de las familias contiene información respecto al sismo por ocurrir. Se propone un método para estudiar la relación de parentesco en la sismicidad de fondo como posible premonitor, mediante la caracterización de familias, esto es, de las características y la estructura de los grupos de sismos emparentados.

SIS-30

### NEW TECHNOLOGY FOR OBS AND SEISMIC MONITORING SENSORS

Allardice Stuart  
Güralp Systems Limited  
jocelyn@vasesismica.com.mx

With 70% of the Earth covered in water, there is a significant gap in the seismic data catalogue which offshore datasets could refine whilst complementing current surface research. Güralp Systems have understood this and have been developing broadband Ocean Bottom Seismometers (OBS) systems for over 25 years. Güralp have deployed systems in a range of ocean environments from the Japan Trench to the North Sea. This has included passive and active seismic surveys, ambient noise recording, real-time reservoir monitoring and ocean bottom observatories. These applications can be achieved with both Güralp's cabled and autonomous OBS families. We have taken our knowledge and success in this field, and invested in developing the next generation of autonomous OBS: the Aquarius family. The Aquarius family allows researchers to download raw seismic data via acoustic communications without cables to shore or other infrastructure during any period of the deployment. This capability allows the operator to visit the deployment location multiple times to download data from events of interest and continue with their research while the system is still deployed at depth without disturbing the unit, providing unparalleled flexibility. The seismic community are highly motivated to perform transportable array style projects on land. Now Güralp can support the community with Aquarius: easily accessible, portable, off-the-shelf systems for similar array ocean based seismological research ventures. The Aquarius family bridges the gap between real-time and offline ocean bottom systems and continues the trend of Güralp supporting the research community and supplying innovative OBS designs to meet operational requirements.

SIS-31

### MODELO DE VELOCIDAD DE GRUPO DE ONDAS RAYLEIGH EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL UTILIZANDO DATOS DE LA RED SISMOLÓGICA DE BANDA ANCHA, EARTHSOPE Y LA RISTRA

Sandoval Magallanes Luis Martín<sup>1</sup>, González Huizar Héctor<sup>2,3</sup> y Arceo Reyes Roberto<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Chiapas  
<sup>2</sup>University of Texas at El Paso, UTEP  
<sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
lsandovalm@hotmail.com

En este trabajo presentamos un modelo de dispersión de ondas Rayleigh creado calculando las velocidades de grupo promedio, para ciertos anchos de banda, de fuente a estación con datos obtenidos de IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology), y colectados por los proyectos EarthScope, Red Sismológica de Banda Ancha y LA RISTRA. Para este propósito hacemos un análisis espectral de los sismogramas de la componente vertical de la banda ancha (BHZ), calculamos el tiempo promedio de viaje como diferencia entre el tiempo del evento y el tiempo de arribo del máximo del grupo de onda, y, finalmente, las distancias se estiman utilizando las coordenadas del evento y de la estación en geometría esférica. Se utilizan mínimos cuadrados para el cálculo de las velocidades promedio y

la estimación de errores. Con este modelo se espera hacer una contribución al conocimiento general de la región, varios modelos previos han sido publicados; de nuestro conocimiento hay algunos modelos que utilizaron una o dos estaciones en Texas y otros que utilizaron correlación de ruido sísmico, esperamos que el uso de datos más abundantes y recientes nos ayuden a elucidar nuevas características geofísicas de la región. Es necesario indicar que este modelo se considera como preliminar a un modelo más complejo en el que se considere anisotropía.

SIS-32

### EFFECTO DE SITIO DE LOS EDIFICIOS "B" Y "C" DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

Romero Vargas Carla Yarenni<sup>1</sup>, Cuenca Sánchez Julio César<sup>2</sup> y Franco Almontes Gabriel Antonio<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM  
yareromervargas.s8@gmail.com

Entender el efecto de sitio de los edificios "B" y "C" del ala norte de la Facultad de Ingeniería, UNAM, utilizando la técnica de Nakamura para cocientes espectrales H/V, de esta manera comprender los movimientos que causaron daños menores con el sismo del 19 de septiembre del 2017. Con la ayuda de un acelerómetro digital GURALP a 200 muestras/segundo se midió el ruido sísmico ambiental con una duración aproximada de 20 minutos en cada punto de medición, realizando dos mediciones por planta en cada uno de los edificios. Los resultados mostraron que el edificio "B" presentan un comportamiento adecuado con un periodo fundamental de aproximadamente 0.5 segundos, sin embargo, el edificio "C" tiene un periodo fundamental de 0.7 segundos y en el ala sur la componente transversal (E-W) es la que tiene mayor amplitud, por otro lado, en el ala norte la componente longitudinal (N-S) es la de mayor amplitud, esto podría deberse a una diferencia de nivel en el suelo de origen basáltico.

SIS-33 CARTEL

### ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICAS DE SEÑALES SÍSMICAS EN LOS DIFERENTES SUELOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Alvarado Reyes José Manuel  
Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
jmar@ciencias.unam.mx

Se analizaron las energías de diferentes señales obtenidas de los archivos del RAI-UNAM; los datos de dichas señales corresponden a diferentes estaciones colocadas a lo largo de la ciudad de México. Dichas estaciones registran los movimientos producido por el sismo en distintos tipos de suelo, desde blando hasta extremadamente fuerte. El análisis espectral se realizó con herramientas de procesamiento de señales conocidas como periodogramas; en particular se empleó el periodograma de Burg, correspondiente a un periodograma paramétrico. La resolución espectral proporcionada por dicho periodograma permite visualizar con mayor claridad la distribución energética en los diferentes suelos analizados. El comportamiento energético observado en los diferentes suelos muestra una característica muy distintiva según el tipo de suelo y la orientación del detector. Esta conducta tiene una gran similitud con el comportamiento energético observado en algunos experimentos realizados en el laboratorio de acústica, facultad de ciencias de la UNAM, al analizar señales provenientes de una onda que viaja en diferentes materiales, cemento, grava, mármol y arcilla; así mismo en materiales tales como acrílico, aluminio y acero. Dichos resultados pronostican la posibilidad de estudiar el comportamiento ondulatorio en un sistema de bajo costo que permitan entender, y analizar, la propagación de ondas sísmicas. Trabajo apoyado por proyecto PAPIME PE110216

SIS-34 CARTEL

### MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN NUEVO VALLARTA, NAYARIT

Rodríguez Felix Victor Hugo<sup>1</sup>, Acosta Jimenez Jhoana<sup>2</sup> y Acosta Hernández Jorge Alberto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, CUC  
<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
felixvhr@gmail.com

La microzonificación sísmica se define como el proceso de subdividir o establecer zonas de suelos con propiedades dinámicas que impliquen un comportamiento similar durante un sismo, de manera que puedan definirse recomendaciones sísmo-tectónicas en los reglamentos constructivos, así como consideraciones en la planeación urbana para reducir el riesgo. Las vibraciones ambientales son un instrumento que se utiliza para conocer las propiedades dinámicas de un sitio como pueden ser la frecuencia fundamental de vibración, el período o la amplitud. Su naturaleza y composición dependen de la fuente que genera la vibración ambiental y de la naturaleza de las ondas que la componen. Estas vibraciones se clasifican en función de sus propiedades físicas donde se denomina microsismo al ruido de baja frecuencia ( $f < 1$  Hz) asociado a fuentes naturales como ondas oceánicas u olas costeras y microtemor al ruido de alta frecuencia ( $f > 1$  Hz) asociado a

actividad humana (máquinas, tráfico) con considerables variaciones entre el día y la noche. Desde los trabajos pioneros de Kanai (1954) se han propuesto diferentes técnicas para conocer las características dinámicas de un sitio mediante el uso de microtremores. Se analizó en la ciudad de Nuevo Vallarta Nayarit mediante la técnica de relación espectral de las componentes horizontales con respecto a la vertical (H/V) o también conocida como técnica de Nakamura (Nakamura, 1989), la frecuencia fundamental del sitio, el período y la amplitud en un total de 21 puntos utilizando un sensor de banda intermedia de tres componentes con un promedio de 40 minutos de tiempo por registro. Se determinó que el rango de frecuencias fundamentales en la región oscila desde valores menores a 1.2 Hz hasta mayores a 1.8 Hz en promedio, lo que sugiere la presencia uniforme de sedimentos que se correlaciona adecuadamente con el estudio geológico de dicha zona. Este estudio también proporciona información relevante sobre los períodos de vibración del suelo identificando 3 zonas que van de los 0.4 - 0.6 s, 0.6 - 0.8 s y valores mayores a 0.8 s. Se obtuvo un promedio de velocidad de onda de corte presuponiendo una profundidad de 30 m mediante una aproximación empírica utilizando la fórmula  $V_s = 4 H_s / T_s$  y se clasificó el tipo de suelo en cada zona mediante los criterios propuestos por Building Seismic Safety Council (2003). Al comparar los períodos de la región de Nuevo Vallarta con los que obtuvo en Puerto Vallarta Gómez-Hernández (2012), se observó que en Nuevo Vallarta se registran períodos menores, lo que sugiere que el depósito sedimentario es de menor espesor y por lo tanto la base rocosa aflora a menor profundidad que en Puerto Vallarta.

#### SIS-35 CARTEL

### CLASIFICACIÓN DE LA SACUDIDA DEL SUELO DEL ESTADO DE TABASCO BASADO EN DAÑOS OBSERVADOS DEL SISMO OCURRIDO EL 7 DE SEPTIEMBRE DEL 2017

Gómez Arredondo Carmen Maricela<sup>1</sup>, Hernández Gómez Jose Alberto<sup>2</sup> y Guillermo de la Cruz Selena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de la Chontalpa  
carmengomez89@hotmail.com

El día 7 de septiembre de 2017, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reportó un sismo con magnitud 8.2 localizado en el Golfo de Tehuantepec, el cual ocurrió a las 23:49:17 y fue sentido en el sur y centro del país. En dicho evento el estado de Tabasco aunque se encuentra a una distancia de aproximadamente 250 km del epicentro, presentó daños considerables, por lo que surge la necesidad de conocer cuáles son las zonas de mayor vulnerabilidad ante la ocurrencia de un evento de esta naturaleza. En este trabajo se presenta el primer mapa detallado de intensidades para el estado de Tabasco. El grado de intensidad de un sismo depende de los efectos ocasionados ante la ocurrencia de un evento. Una asignación cuidadosa de este valor resulta de gran utilidad para estudiar sismos históricos o aquellos que impactan zonas donde se carece de instrumentos de registro. El propósito del presente trabajo va encaminado que, a partir de la distribución de los daños observados en estado de Tabasco, generados por el sismo del 7 de septiembre se identifiquen las zonas de mayor vulnerabilidad. Se realizó la siguiente metodología; por medio de encuestas realizadas a 800 personas que sintieron el sismo que se encontraban distribuidas a lo largo de todo el estado de Tabasco, se solicitó información como la localización (dirección) donde se encontraban al momento del movimiento telúrico para obtener las coordenadas geográficas así como también la descripción de la percepción del sismo y los daños causados por el mismo. Con base en estos datos se analizó y estimó la intensidad con la cual se percibió el evento a partir de la información documentada en la tabla de IMM. Como resultado se obtuvo un mapa de intensidades sísmicas, con rangos de II hasta VI. Se concluyó que las zonas que presentaron los mayores valores se encuentran hacia el suroeste y centro del estado, lo cual de acuerdo con la edafología las zonas donde se obtuvieron las mayores intensidades corresponden con tipo de suelo Acrisol, Fluvisol, Gleysol comúnmente característicos por su gran contenido de arcilla formados por depósitos aluviales recientes, tales suelos son característicos por amplificar las ondas sísmicas. Este mapa hará posible que se cuente con un panorama general de las zonas donde se tuvieron las sacudidas más fuertes, así como también podría ser un apoyo para la evaluación de los planes de respuesta, y mostrar la necesidad de una estación sismológica que permitan obtener información más detallada y precisa sobre las regiones en donde se tengan las mayores ampliaciones del terreno ante el paso de las ondas sísmicas.

#### SIS-36 CARTEL

### INVERSIÓN DEL TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO REGIONAL, CON BASE EN LA EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Ricardez Puente Luis Fernando<sup>1</sup>, Gómez González Juan Martín<sup>2</sup> y Montalvo Arrieta Juan Carlos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León  
luisrpuente@gmail.com

Realizamos el cálculo del tensor de momento sísmico regional (TMSR) en el norte de México para sismos de magnitudes pequeñas e intermedias ( $3.5 < M_w < 5.3$ ). Utilizamos datos de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional, redes locales

de IRIS. Los eventos fueron seleccionados por su claridad en el registro y haber sido registrados en múltiples estaciones. Nos centramos en la región norte de México por la importancia que tiene este tipo de soluciones en la determinación del marco sismotectónico y la reciente disponibilidad de datos. La inversión del TMSR, basada en el método de mínimos cuadrados, optimiza el ajuste de las formas de onda entre los sismogramas observados y sintéticos. Evaluamos la sensibilidad y eficacia de las soluciones en función de la cantidad, distribución de las estaciones, calidad de las señales y la relación entre la magnitud y profundidad del evento con respecto a la distancia fuente-estación, la cual es fundamental para determinar el rango de frecuencias invertibles en cada evento. La calidad de estos parámetros permite mejorar el ajuste de las señales, reducir incertidumbre y aumentar la resolución de los resultados. La inversión del TMSR es muy sensible al modelo de corteza utilizado y la banda de frecuencia de la inversión, la cual requiere de al menos 3 estaciones equidistantes con diferentes azimuts, lo que permite lograr una estimación confiable de la geometría de la fuente. En algunos eventos se observa una buena asociación entre la geometría del mecanismo focal obtenido y la tectónica regional, lo que permitirá mejorar la identificación de posibles estructuras sismogénicas en la región. Durante el análisis encontramos algunas señales no invertibles debido a que su frecuencia coincide con la del ruido ambiental, lo que afecta de forma particular la inversión. Las estaciones sísmicas permanentes desplegadas recientemente en la región facilitan el avance del conocimiento del fenómeno sísmico, sin embargo, no son suficientes para comprender el fenómeno en su totalidad, debido a que la variación espacio-temporal de la sismicidad es el resultado de un sistema complejo de fallas que interactúan entre sí. Dado que los sismos no se pueden entender como el producto de fallas aisladas el monitoreo regional debe ampliarse. Algunos modelos sobre el origen de los sismos intraplaca sugieren que estos pueden estar asociados a estructuras litosféricas de gran escala y la deformación involucra toda la litosfera, así como los límites entre placas.

#### SIS-37 CARTEL

### MAGNITUD LOCAL Y PARÁMETROS DE ATENUACIÓN PARA EL ESTADO DE HIDALGO

Vega-Baez María Jimena<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup> y González Adriana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
jimnavb12@gmail.com

El estado de Hidalgo presenta una sismicidad, que si bien es de magnitudes bajas, es importante y recurrente. Esta sismicidad se debe a que el estado se encuentra en los límites de la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Trans Mexicana, que presentan un sistema de fallas activas en la actualidad. Aunque las magnitudes de los sismos son pequeñas, las profundidades son someras, por lo tanto estos eventos pueden ser sentidos por la población. Esta sismicidad suele presentarse en enjambres sísmicos. En este trabajo se utilizaron 352 eventos registrados entre 2003 y junio de 2019 en la red de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) del Instituto de Geofísica y en la Red Sismológica del Valle de México, y reportados con magnitud de coda entre 1.6 a 4.0 por el SSN, con el objeto de obtener una escala de magnitud local para el estado de Hidalgo, así como los parámetros de atenuación de la zona y una descripción general de la sismicidad. Para ello, se relocalizaron los eventos y se obtuvieron sus distancias epicentrales a las estaciones de registro, además, se midió la amplitud máxima de la señal, convolucionada con la respuesta de un sismómetro Wood Anderson. Estos parámetros se introdujeron en la llamada curva de atenuación, de donde es posible obtener la magnitud local para los eventos. Como resultado se obtuvieron los parámetros de dispersión geométrica y atenuación anelástica, así como la expresión para la magnitud local. Estos parámetros permiten describir y evaluar la sismicidad en el estado de Hidalgo, importante insumo para análisis de peligro y riesgo sísmico de la región.

#### SIS-38 CARTEL

### ANÁLISIS DE EVENTOS DE LARGO PERIODO DENTRO DEL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUEBLA

De la Rosa Brenda<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>2</sup>, Angulo Joel<sup>2</sup>, Cruz Stephani<sup>1</sup> y Figueroa Ángel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESIA Ticoman

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Departamento de Vulcanología

<sup>3</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
brendelrosa95@gmail.com

En los campos geotérmicos se registra sismicidad local que generalmente es asociada a sistemas de fallas activos y cambios en los estados de esfuerzos debido a inyección y extracción de fluido en las etapas de producción. Sin embargo, la mayoría de los campos geotérmicos generalmente se encuentran dentro de un ambiente volcánico, entonces, es posible que se registren señales sísmicas con otro tipo de fuente como los eventos de largo periodo. En este trabajo se analizaron señales sísmicas generadas dentro del campo geotérmico Los Humeros. Los datos fueron adquiridos por una red sismológica instalada por el proyecto GEMEX (cooperación entre México y Europa para el desarrollo de sistemas geotérmicos) y constó de 25 estaciones de banda ancha y 20 estaciones de periodo corto. La red estuvo operando desde septiembre 2017 a octubre 2018, durante ese periodo se registraron eventos volcanotectónicos (VT) y eventos de largo periodo (LP). Los eventos volcanotectónicos fueron detectados durante todo el periodo de tiempo que la red estuvo activa, mientras que, gracias a la ocurrencia de

sismicidad regional se lograron detectar eventos de largo periodo en las codas de sismos regionales. Esta clasificación se realizó manualmente tomando en cuenta la apariencia y el contenido de frecuencias de cada evento. En total se registraron 487 potenciales eventos VT y aproximadamente 80 potenciales eventos LP. Se obtuvo la localización de los VT picando las fases P y S, y por primera vez dentro del campo de Los Humeros, se localizaron eventos LP mediante el cálculo del espectro de frecuencias para picar la fase P. Se utilizó un modelo de velocidades sísmicas 3D del campo (Cruz, 2019), de manera que las localizaciones de estos eventos permiten hacer una mejor caracterización del campo y ubicar zonas donde los fluidos pueden tener un rol importante en el yacimiento. Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACyT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084 y Horizon 2020, grant agreement No. 727550

#### SIS-39 CARTEL

### TÉCNICAS DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE MICROSISMICIDAD INDUCIDA ASOCIADA A CAMPOS GEOTÉRMICOS. APLICACIÓN AL CAMPO GEOTÉRMICO DE SOULTZ-SOUS-FORÊTS, FRANCIA.

Ramos Ávila Valente<sup>1</sup>, Caló Marco<sup>1</sup>, Grunberg Marc<sup>2</sup>, Maggi Alessia<sup>2</sup> y Grigoli Francesco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Université de Strasbourg

<sup>3</sup>Swiss Seismological Service, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich  
valente\_rav@hotmail.com

Durante la explotación de un campo geotérmico, es común la aparición de sismicidad inducida debido a la circulación de fluidos. Las estrategias de detección manual de microsismicidad suelen demandar mucho tiempo, por lo que es necesario buscar técnicas automáticas que puedan proveer información en tiempos más cortos. En este trabajo, exploramos una metodología automática aplicándola al campo geotérmico de Soultz-sous-Forêts, Francia. Los datos se recolectaron durante la estimulación hidráulica del pozo GPK2, realizada en el 2000. El monitoreo sísmico se realizó con 14 estaciones superficiales (8 de 1C continuas y 6 de 3C por disparo) y 3 estaciones de pozo por disparo. Con esta información, Cuenot et al., 2008 reportó un catálogo manual de 7,215 eventos con errores menores a 100 m en la localización. Aquí se utilizan únicamente las 8 estaciones superficiales que registraron de manera continua. La metodología consiste en tres etapas: i) Se utilizó un detector basado en curtos para resaltar el primer arribo de la onda de P, y se hizo una localización preliminar. Se utilizó un umbral de detección bajo a fin de hacer el mayor número de detecciones posibles. ii) Cada uno de los eventos preliminares se localizó por segunda vez mediante un análisis de coherencia. En esta segunda etapa, cada evento fue localizado 5 veces con parámetros de detección ligeramente diferentes, y se calculó la covarianza entre ellas. iii) Se hizo una doble discriminación y selección de eventos, una tomando en cuenta la diferencia entre la coherencia promedio y la coherencia máxima para descartar las falsas detecciones, y una tomando en cuenta la covarianza de cada localización. El resultado es un catálogo preliminar de 15,741 eventos potenciales. De ellos, más del 70% estaban en el catálogo manual. La discriminación por coherencia redujo el catálogo a 6294 eventos que se consideran detecciones auténticas, mientras la discriminación por covarianza produjo un catálogo final de 1538 eventos bien localizados, de los cuales 934 están en el catálogo manual, lo que significa que hubo 604 nuevas detecciones. La diferencia entre nuestras localizaciones, y el catálogo de Cuenot (2008) se estiman en el orden de 250 m en las horizontales, y de hasta 1 km en la vertical. Las localizaciones obtenidas en este trabajo permiten hacer conclusiones similares a las presentadas por Cuenot, con mayor incertidumbre, pero en menor tiempo y con menos datos disponibles. El tiempo de computo neto utilizado en las presentes metodologías fue de dos semanas, mientras que el catálogo de manual se completo en casi 2 años con la contribución de tres analistas. Se concluye que la metodología presentada puede ser útil para una evaluación preliminar de la evolución de la sismicidad durante actividades de estimulación. Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACyT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084

#### SIS-40 CARTEL

### SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO: DEL ATLAS DE RIESGO 2010, A LA SECUENCIA DE LA ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO 2019

Salazar-Peña Leobardo<sup>1</sup>, Chávez-Hernández Omar Cristian<sup>1</sup>, Rubi-Vite Eric Alonso<sup>2</sup>, Galaviz-Alonso Sergio Alberto<sup>3</sup>, Palomeque-Jiménez Jocelin<sup>4</sup>, Velueta-Zapata Vianey<sup>4</sup> y Castillo-Rodríguez Keila<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, IPN

<sup>2</sup>Servicio Geológico de México

<sup>3</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres

<sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
lsalazar@ipn.mx

En el Instituto Politécnico Nacional se han llevado algunos estudios sobre los sismos presentados en la Ciudad de México. La reciente secuencia presentada en la Alcaldía Miguel Hidalgo, despertó el interés social sobre estos eventos. En el periodo 2009-2010 se realizó el Atlas de Riesgo de la Ciudad de México, para la Secretaría de Protección Civil de la misma Entidad. El Atlas se conforma por información del análisis tectónico-estructural y el correspondiente para eventos

sísmicos. En su parte de sismos, contiene eventos para el periodo 2000-2010. Incluye los mecanismos focales de las principales fallas activas en versión mapa y corte Sur-Norte. Los mecanismos focales presentan soluciones diversas en la Cuenca de México. Destaca la zona de Milpa Alta, con un mayor contenido de sismos que presentan en promedio un mecanismo consistente de falla normal con componente lateral izquierdo. Posterior al Atlas y debido a las características de la zona de Milpa Alta, se llevó a cabo un estudio detallado para esa zona. Se realizó gravimetría con dos perfiles suficientemente separados para cortar la falla de acuerdo a la información del mecanismo focal. Se instaló temporalmente un sismógrafo para registrar los sismos locales. De lo anterior resultó la estructura gravimétrica de la falla y los hipocentros de los sismos que evidencian la actividad actual de esa zona. De acuerdo con la longitud en la distribución de los sismos, se estimó la magnitud máxima esperada que se cuantifica en un rango de  $M = 4.0$  a  $4.5$ . Ocurrido el sismo del 19 de septiembre, 2017, fue evidente la ocurrencia de sismos inducidos. Contando con datos disponibles del SSN, se obtuvo un mapa de epicentros para el periodo de septiembre, 2017 a abril, 2018. Disponiendo de la información del Atlas 2010, se confrontaron los epicentros de los sismos inducidos con el mapa de mecanismos focales, para identificar las fallas preexistentes que tuvieron reactivación. Sucedió reactivación y esas fallas fueron Talpan, Coyoacán, Mixcoac, Narvarte y Peñón de los Baños. En estas fallas reactivadas se asumió un mecanismo consistente de los sismos del Atlas y los inducidos. De manera más reciente y disponiendo de los registros del SSN, se han obtenido los mecanismos focales para sismos posteriores al año 2010. Estas soluciones se confrontan con las ya disponibles en el Atlas y con los sismos inducidos. Se han identificado características consistentes en los eventos de la Cuenca. Para la secuencia de la Alcaldía Miguel Hidalgo 2019, se recurrió al historial sobre secuencias sísmicas similares. Se encontró que estas secuencias son comunes en el Eje Volcánico Transversal, donde se ubica la Cuenca de México. Particularmente, la falla de Miguel Hidalgo no tenía actividad reportada en el Atlas-2010, ni actividad para el caso de sismos inducidos. Por lo anterior se deduce que es de actividad nueva. Para la secuencia de Miguel Hidalgo, el CENAPRED instaló dos estaciones sismológicas temporales. Los registros se analizaron para obtener la ubicación de los sismos y otras características de la señal.

#### SIS-41 CARTEL

### ESTUDIO DE LA LITÓSFERA EN LA ZONA SUR DE LOS ANDES DE MÉRIDA, UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE FUNCIONES RECEPTORAS

Saavedra María José<sup>1</sup>, Quinteros Cartaya Claudia<sup>2</sup>, Schmitz Michael<sup>1</sup>, Rendón Herbert<sup>1</sup>, Alvarado Leonardo<sup>1</sup>, García Jorge<sup>1</sup>, Levander Alan<sup>3</sup> y Niu Fenglin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Funvisis)

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>Rice University, Houston, Texas  
mariajsa1991@gmail.com

Con el objetivo de estudiar la estructura y dinámica de la Cordillera de Los Andes, en el occidente de Venezuela, se instalaron 40 estaciones sismológicas temporales de banda ancha en la región, en el marco de los proyectos GIAME (Geociencia Integral de Los Andes de Mérida) y CARMA (CARibbean Merida Andes), en cooperación con el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Rice (Houston, EE.UU.) y la Universidad Central de Venezuela. Estas estaciones estuvieron operativas desde noviembre de 2015 (GIAME) y marzo de 2016 (CARMA), y se retiraron en abril de 2018. La ubicación de la mayoría de las estaciones coincide con los perfiles principales utilizados para estudios de sísmica activa profunda del Proyecto GIAME, que poseen una orientación NW-SE y atraviesan perpendicularmente el eje axial de la cadena montañosa de los Andes de Mérida. Como estudio complementario a estos estudios sísmicos, se popuso analizar registros de sísmica pasiva mediante el método de funciones receptoras, con el fin de identificar discontinuidades litosféricas, específicamente en la zona coincidente con uno de los perfiles sísmicos denominado "Andes Sur". En total se cuenta con una base de datos de 185 telesismos con magnitudes a partir de  $M_w = 5.5$ , ocurridos a distancias epicentrales entre  $27^\circ$  y  $90^\circ$ . Finalmente, se pretende integrar los resultados obtenidos con este método, y los resultados de los diferentes perfiles de sísmica activa, de tal forma de poder definir y proponer un modelo tectónico que, hasta ahora, ha presentado cierta ambigüedad, debido a la falta de información sobre la raíz cortical de Los Andes y de su segmentación, así como la interacción con la placa del Caribe en subducción.

#### SIS-42 CARTEL

### MODELO MÍNIMO DE VELOCIDAD UNIDIMENSIONAL PARA LA REGIÓN DE LA PRIMAVERA, JALISCO

Jaime Guerrero José Francisco, Quinteros Cartaya Claudia, Zúñiga Medina Luz María y Núñez Comú Francisco Javier  
Universidad de Guadalajara, UDG  
gemiaj@gmail.com

A partir del planteamiento de un problema de inversión, considerando información de estudios geológicos y geofísicos previos realizados en la zona, se realiza la estimación de un modelo mínimo de velocidades unidimensional para la región de la Sierra La Primavera, Jalisco. Tomando como referencia el modelo de velocidad regional conocido del Bloque de Jalisco, se propone estimar, mediante un método

de inversión iterativo, las velocidades de propagación de onda en cada capa, para lo cual se usan sismogramas sintéticos para una primera estimación y posteriormente se utilizan los datos de sismos ocurridos en el periodo de septiembre a diciembre del 2017, registrados por una red sísmica temporal instalada para el proyecto P24 de CeMIEGeo con fines de exploración geotérmica, constituida por 25 estaciones de periodo corto, distribuidas en La Sierra La Primavera. Adicionalmente, se analizan eventos ocurridos en el periodo de enero a abril del 2018, registrados por la misma red sísmica, con el fin de complementar la base de datos y tener mayor información de sismos que permitan disminuir la incertidumbre de los resultados. Para la implementación computacional del problema y la realización de pruebas se utilizarán principalmente el Velest, Hypo71, Matlab, Python, entre otras herramientas computacionales.

## SIS-43 CARTEL

### ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD REGIONAL POSTERIOR AL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 (MW 7.1)

Espindola Víctor Hugo<sup>1</sup>, Bello-Segura Delia<sup>2</sup> y Quintanar Luis<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM  
 victore@sismologico.unam.mx

El día 19 de septiembre de 2017 ocurrió un sismo con magnitud 7.1 localizado en el límite estatal entre los estados Puebla y Morelos, a 12 km al sureste de Axochiapan, Morelos y a 120 km de la Ciudad de México. El mecanismo focal del sismo corresponde a una falla de tipo normal, el cual es característico de un sismo intraplaca (Intraslab). Cercano al límite Puebla-Morelos, se registró gran cantidad de actividad sísmica en una amplia región que incluyó, los estados de Morelos, Puebla, Guerrero, Estado de México y Cd. de México. Algunos de estos sismos, corresponden a réplicas y se distribuyen en el área de rompimiento generador de este gran sismo, adicionalmente se registró gran cantidad de sismicidad intraslab a profundidades promedio de 60 km, registrada al norte de Guerrero, Oaxaca y Sur de Puebla. Sin embargo, el estudio de la actividad sísmica superficial, localizada en la Ciudad de México, Morelos y Edo de México, es de gran importancia debido a que esta actividad está asociada a fallas que no habían presentado actividad sísmica importante en las últimas décadas. Adicionalmente es importante contar con mayor instrumentación sísmica en la región con el objetivo de coadyuvar en la determinación del peligro sísmico regional.

## SIS-44 CARTEL

### SECUENCIA SÍSMICA 2013-2014 EN LA PRESA "EL CHUCHILLO"

Martínez Jiménez Luis Daniel<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup> y Montalvo Arrieta Juan Carlos<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León  
 luis\_martinez25@hotmail.com

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con dos estaciones sismológicas en el estado de Nuevo León: LNIG (Linares) y MNIG (Monterrey). Este estado ha sido conocido como una región tectónicamente estable y con ausencia de movimientos fuertes. Pese a esto, ha habido algunas secuencias sísmicas a lo largo de los años. En este trabajo se analizó una secuencia de 139 sismos (2.3 # Mc # 4.5) que se presentó desde octubre de 2013 hasta junio de 2014, reportada por el SSN y previamente estudiada por Paz Martínez (2017) y Montalvo-Arrieta et al. (2018). Realizamos una búsqueda, en el periodo de esta secuencia, de sismicidad local registrada en la estación LNIG mediante un algoritmo STA/LTA, identificado adecuadamente los sismos previamente reportados por el SSN, así como 3581 sismos adicionales. Al ser sismos muy pequeños, la mayoría de ellos no fueron registrados en la estación MNIG; o bien, las formas de onda en esa estación no fueron lo suficientemente claras, aumentando con su uso la incertidumbre en la localización. Por ello se empleó el método del azimut inverso en la estación LNIG para localizar todos los sismos detectados. Con las nuevas localizaciones se ha conformado un nuevo catálogo, estimando la magnitud de todos los eventos con la magnitud local propuesta por Paz Martínez (2017), en lugar de magnitudes coda reportadas por el SSN, cubriendo un rango de 1.5 # ML # 5. Con ello, se ha revisado la relación Gutenberg-Richter reportada por Montalvo-Arrieta et al. (2018), con una magnitud de completitud de 2.8 y encontrando un valor de  $b = 0.99$ , similar al de ellos.

## SIS-45 CARTEL

### FUNCIÓN RECEPTOR DEBAJO DE LA ESTACIÓN SÍSMICA DE MEDEROS EN MONTERREY, N.L.

Casas Vigil David Antonio, Romero de la Cruz Oscar Mario y Montalvo Arrieta Juan Carlos  
 Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL  
 david.casasv@outlook.es

Se presenta un ejercicio de un análisis de más de 200 eventos registrados en la estación de banda ancha en el noreste de México en Mederos (25.6093, -100.2852) del Servicio Sismológico Nacional. La variación azimutal inversa de los eventos presenta un máximo en la orientación NW-SW, y se encuentran en el rango de

distancias de longitud de arco entre 30 y 90°, con una orden de magnitudes  $M_w > 5.5$ . El objetivo es determinar la función receptor debajo de la estación, particularmente con la estimación del espesor de corteza y un valor de la relación  $k=VP/VS$ . La metodología se basa en un apilamiento de la función receptor para cada evento, y posteriormente calcular el espesor de corteza, el cual es proporcional a la diferencia de tiempo entre la fase P y la fase convertida Ps en la frontera corteza-manto, ambas fases son observadas en la función receptor estimada. Para obtener la relación  $k=VP/VS$  se realiza en forma directa mediante el método de Zhu and Kanamori, el cual propone una combinación de un rango de espesores y valores de relaciones  $k$ , de donde la función de apilamiento será maximizada con los valores adecuados de espesor H y relación k. Primeras estimaciones para obtener la función receptor para eventos con buena relación señal ruido se llevan a cabo en el dominio de la frecuencia. Sin embargo para eventos con baja relación señal ruido, las estimaciones de función receptor se llevan a cabo en el dominio del tiempo mediante una técnica de deconvolución iterativa.

## SIS-46 CARTEL

### ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA ERUPCIÓN DEL 3 DE JUNIO DEL 2018 DEL VOLCÁN DE FUEGO, GUATEMALA

Franco Almontes Gabriel Antonio<sup>1</sup>, Romero Vargas Carla Yarenni<sup>1</sup> y Cuenca Sánchez Julio César<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 gabriel franco1195@gmail.com

El 3 de junio de 2018, el volcán de Fuego en Guatemala presentó una de las erupciones más violentas de las que se tienen registro. Con la cooperación del Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) Guatemala, se obtuvieron las trazas sísmicas de las estaciones FG3 y FG8 durante los días 1, 2, 3 y 4 de junio. Con estos datos se realizó un análisis de la crisis del 3 de junio de 2018 junto con los dos días previos para realizar una comparación y poder determinar el comportamiento del volcán hasta su crisis eruptiva. Se realizó un análisis espectral a las trazas sísmicas para determinar el contenido en frecuencia correlacionado con la crisis eruptiva del volcán, además de obtener el su cociente H/V para determinar la frecuencia fundamental y estimar su amplificación máxima durante esos días. Al analizar las trazas sísmicas de las componentes horizontales y vertical de la estación FG3 antes de la crisis se observó un comportamiento anómalo el 1 de Junio a partir de las 15:00 hrs teniendo un decaimiento drástico del cociente H/V correspondiendo a una fase pre-eruptiva, además, al ser una estación de periodo corto muestra una saturación de la amplitud de la traza sísmica durante la crisis del 3 de junio. El análisis en frecuencia muestra un comportamiento casi totalmente lineal en ambas estaciones, teniendo un valor promedio de 6.23 Hz en la estación FG3 y de 1.09 Hz en FG8 debido posiblemente al tipo de suelo en que se encuentran.

## SIS-47 CARTEL

### ESTUDIO DE MICROSISMICIDAD EN EL SECTOR DE AGUA AGRÍA, CALDERA EL AGUAJITO, BAJA CALIFORNIA SUR

Jiménez Gama María Concepción<sup>1</sup>, Quinteros Cartaya Claudia<sup>2</sup>, Gómez Arias Efraín<sup>3</sup> y González Fernández Antonio<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT  
<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara, UDG  
<sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
 conchijp22@gmail.com

En los últimos años, el sector de Agua Agría, ha sido estudiado a partir de diferentes métodos de exploración geofísica, por considerarse una zona de interés con posible potencial geotérmico. Agua Agría está localizada en la Caldera el Aguajito, en las cercanías del Complejo Volcánico de Tres Vírgenes y la Caldera El Reforma, en Baja California Sur, y se caracteriza por presentar manifestaciones hidrotermales y emanación de gases en superficie con temperatura promedio de  $\sim 85$  °C. Estudios de sismicidad realizados en esta zona, han registrado alta actividad sísmica. Sin embargo, hasta los momentos no ha habido información detallada de la sismicidad, específicamente en la zona de Agua Agría, que permita contribuir con la caracterización de estructuras asociadas a la actividad geotérmica. Por tal razón, en el marco del proyecto CeMIE-Geo P03 " Campaña intensiva de Exploración Geotérmica de las Cuencas Wagner, Consag, Delfín, Guaymas y Alarcón del sistema de Rifts del Golfo de California", se instaló una red sísmica temporal de 9 estaciones en un radio de  $\sim 500$  m, que operó durante 35 días entre junio y julio de 2017, en la zona de Agua Agría, como primera campaña exploración sísmica. A partir de los registros analizados, utilizando un modelo de velocidades propuesto en estudios previos para la zona de Tres Vírgenes, se localizaron alrededor de 40 eventos dentro del radio de interés, con profundidades someras de hasta 4.5 km y magnitudes de hasta  $M_c=4$ , y adicionalmente se observaron dos pequeños enjambres con decenas de microsismos. Mediante el análisis espectral, se pudo identificar que hay eventos de origen volcánico, híbridos y volcánotectónicos. Igualmente, se estimaron los mecanismos focales compuestos, a partir de la agrupación de eventos, con el fin de poder interpretar la orientación de fallamientos locales en el área. Este estudio es una contribución a los proyectos P03 CeMIEGeo-SENER-CONACYT y PN2016-2188 Problemas Nacionales FOINS-CONACYT.

## SIS-48 CARTEL

**SÍNTESIS DEL SONIDO DE UN TIMBAL MEDIANTE EL MODELO DE UNA MEMBRANA ELÁSTICA AMORTIGUADA**Gallardo Erik<sup>1</sup>, Canseco Eloísa García<sup>2</sup> y Alonso Arévalo Miguel<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

egallardo@cicese.edu.mx

El modelado de los sistemas mecánicos que describen a los instrumentos musicales ha sido durante mucho tiempo un tema de interés para físicos acústicos. El timbal, distinguiéndose por un amplio espectro de sonidos ha sido objeto de múltiples investigaciones relacionadas con la producción de las frecuencias armónicas. En esta investigación se propone un modelo teórico basado en una membrana elástica amortiguada que predice fielmente el espectro asociado a un timbal. El espectro predicho por este modelo se comparó con varios espectros reales de un timbal que fue percutado empleando varios tipos de baquetas y afinaciones, destacándose una excelente correlación en las frecuencias armónicas del timbal.

## SIS-49 CARTEL

**SISMICIDAD INDUCIDA, TECTÓNICA Y DISPARADA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS, MÉXICO**Angulo Joel<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>1</sup>, Ramos Ávila Valente<sup>1</sup>, De laRosa Brenda<sup>2</sup>, Cruz Stephan<sup>2</sup> y Figueroa Soto Ángel<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, IPN<sup>3</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

joelpumas07@yahoo.com.mx

La sismicidad inducida tiene una importante relevancia en el desarrollo de la energía geotérmica y planeación de las plantas geotermoelectricas. Esta sismicidad se presenta debido a la variación los esfuerzos efectivos producto de la inyección y extracción de fluidos. Esto ocurre si se alcanzan las condiciones de rotura en las fallas debido a cambios en la presión de los fluidos y en la temperatura que deforman el terreno. En este trabajo, analizaremos la distribución en superficie y en profundidad de los sismos ocurridos en el campo geotérmico, de Los Humeros, durante el periodo de 2017-2018. En este periodo se identificaron 487 sismos registrados por una red sísmica que consta de 45 estaciones temporales instaladas por el consorcio GEMex (proyecto de cooperación entre México y la Unión Europea), esta red comprende 25 estaciones de banda ancha y 20 de periodo corto, distribuidas dentro y fuera de la caldera de los Humeros. Las magnitudes de duración de estos eventos son generalmente menores a  $M < 3.0$ , y profundidades que no sobrepasan los 6 km. La actividad sísmica es predominantemente relacionada a las actividades de la planta geotérmica y a fallas activas existentes en el campo. Asimismo, se han identificados sismos de periodo largo (1-10 Hz) resultado de las variaciones de tensión transitorias causadas por las ondas superficiales originadas por fuertes terremotos regionales, mismos que se han caracterizado de acuerdo con su forma de onda y su localización dentro de la caldera (De la Rosa et al.). Trabajo realizado en el marco del proyecto GEMEX, CONVOCATORIA CONACyT-SENER: S0019, 2015-04, proyecto N: 267084

## SIS-50 CARTEL

**EXPRESIONES SIMPLES DE UN METAFUIDO COMPUESTO DE UNA MATRIZ HEXAGONAL DE FIBRAS ELÁSTICAS ISOTRÓPAS TRANSVERSALES INMERSAS EN UN FLUIDO IDEAL**

Sabina Federico

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

fjs@mym.iimas.unam.mx

Se considera una matriz hexagonal de cilindros circulares paralelos incrustados en una matriz. Las fibras se rellenan con un material elástico transversalmente isotrópico (TI) mientras que el material de la matriz es un fluido ideal. El método de homogeneización asintótica, aplicado a un problema similar donde la matriz también es un material elástico TI, produce fórmulas para el compuesto elástico TI efectivo. Mediante un procedimiento de límite cuando los módulos de corte de la matriz tienden a cero, las fórmulas producen expresiones muy simples para el compuesto efectivo del problema anterior, es decir, es un metafluido TI. El caso particular de fibras isotrópas conduce a un metafluido isotrópico. Es notable que las nuevas fórmulas sean independientes de la periodicidad.

## SIS-51 CARTEL

**ESTUDIO DE SISMICIDAD LOCAL DISPARADA POR EVENTOS TELESÍSMICOS EN EL COMPLEJO DE ACOCULCO**García Badillo Irwing Brian<sup>1</sup>, Márquez Ramírez Víctor Hugo<sup>1</sup>, Rodríguez Pérez Quetzalcoatl<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>2</sup>, Figueroa Soto Ángel<sup>3</sup> y Perton Mathieu<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México.<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH  
ibgb92@geociencias.unam.mx

El fenómeno de sismicidad disparada consiste en el desencadenamiento de una respuesta local debido a un esfuerzo dinámico, como el paso de las ondas de un terremoto distante a través de un sitio. Evidencia convincente de esta relación causal fue observada instrumentalmente apenas a principios de la década de 1990; sin embargo permanece materia de discusión, puesto que, si bien algunas de las condiciones que favorecen la ocurrencia del fenómeno y los procesos físicos involucrados han sido determinados, estos varían en importancia dependiendo del sitio. En México, las publicaciones relacionadas siguen siendo escasas. En este estudio, fueron utilizados datos de la red de banda ancha instalada en el complejo geotérmico de Acoculco como parte del proyecto GEMex, la cual está conformada por dieciocho estaciones sísmicas con sensores Trillium Compact de 120 segundos y digitalizadores Cube3 y Refttek. Las formas de onda utilizadas fueron elegidas a partir de un catálogo de eventos globales de magnitud mayor que 7 ocurridos en un periodo de un año entre 2018 y 2019. Estos datos fueron analizados en ventanas de tiempo que abarcan cuatro horas a partir del tiempo de origen de los eventos, de modo que incluyeran el paso de las ondas superficiales por el sitio. Posteriormente fueron procesados en tiempo-frecuencia aplicando filtros en diferentes bandas de frecuencia con el fin de aislar la posible respuesta local de sismicidad disparada. Una evaluación preliminar de los datos nos indica la presencia del fenómeno, la cual debe ser sometida a un examen de significancia estadística para determinar su causalidad. Estudios posteriores pueden incluir la localización de los eventos disparados localmente y la proposición de algunos modelos para describir los procesos físicos inducidos que generan dicha respuesta. Este trabajo se realiza en el marco del PT5.2 del proyecto GEMex, Convocatoria CONACyT-SENER S0019, 2015-04 proyecto N: 267084 y Horizon2020, grant agreement No. 727550 de la Unión Europea.

## SIS-52 CARTEL

**EFFECTO DE SITIO ENFRETE DEL TEMPLO BELÉN DE LA CIUDAD DE CUSCO PERÚ**Cuenca Sánchez Julio César<sup>1</sup> y Cuenca Sánchez Jorge Henry<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco Perú

jccsa@pumas.iingen.unam.mx

El templo de Belén en la ciudad de Cusco sufrió daños, por el terremoto del 21 mayo 1950, con el desprendimiento de parte de la torre derecha desde abajo hasta el portal del campanario de un solo cuerpo. Se analiza el efecto de sitio utilizando el cociente espectral H/V enfrente del templo Belén de la ciudad de Cusco (Perú), para determinar la frecuencia predominante y estimar la máxima amplificación sísmica. El punto medido es en campo libre sobre una plataforma dispuesta al ingreso del templo. Se emplea la técnica de Nakamura usando ruido sísmico ambiental registrado en un intervalo de 20 minutos de duración en tiempo. Se utiliza 8 ventanas cada una de 80.5 segundos de tiempo para calcular el promedio cuadrático de H/V en el dominio de la frecuencia. Obtenemos una frecuencia de  $H/V = 0.23$  Hz, es decir 4.3 segundos de periodo, que corresponde a una zona muy blanda según la geotecnia (que estaría compuesta de suelos poco consolidados resonando) y una alta amplificación de 10.4 veces (asociado a un espesor apreciable). Estos valores encontrados significan cuanto amplifica las componentes horizontales respecto a la componente vertical asociada a su frecuencia predominante. En trabajos anteriores por los autores se han encontrado amplificaciones para el centro de la ciudad de Cusco es alrededor de 2.5 veces. Se recomienda hacer más mediciones en campo libre y en las estructuras como sobre los elementos arquitectónicos del templo Belén.

Sesión regular

# **VULCANOLOGÍA**

Organizador:  
Lucia Capra

VUL-1

## ESTRUCTURAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL TUBO DE LAVA CUEVA DE LA IGLESIA, MINA SUPERIOR, SIERRA DEL CHICHINAUTZIN, MORELOS (MÉXICO CENTRAL)

Gutiérrez López Ernesto Orlando<sup>1</sup>, Daza Brunet Raquel<sup>1</sup>, López Martínez Rafael<sup>1</sup>, Barragán Manzo Ricardo<sup>1</sup>, Pi Puig Teresa<sup>1</sup> y Espinasa Pereña Ramón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres  
orlando93@ciencias.unam.mx

La Cueva de la Iglesia-Mina Superior está localizada en el Campo Monogenético Sierra de Chichinautzin, al sur de la Ciudad de México (Morelos, México central). Esta cueva volcánica está compuesta por un sistema de tubos de lava anastomosados generados por el mismo flujo lávico, provenientes del volcán Suchioco. Tiene una extensión de más de 5 Km, incluyendo todos sus ramales. Dentro de este tipo de cuevas se pueden encontrar dos tipos de estructuras principales: primarias y secundarias. Las estructuras primarias tienen diferentes orígenes e indican diversas fenomenologías de los flujos de lava que utilizan el tubo como canal de drenaje. Estas estructuras incluyen: 1) piroestalactitas, formadas por la refusión o por el descenso súbito de un flujo de lava, que genera un goteo del material remanente; 2) piroestalagmitas, encontradas siempre en el suelo, a partir del goteo de las piroestalactitas; 3) repisas/ balcones son resultado de la estabilización del nivel de un flujo de lava. Se localizan a diferentes alturas en las paredes; 4) lava balls, formadas a partir de bloques de colapsos que ruedan por el flujo e incorporan material a su estructura, aumentando su tamaño. Pueden observarse incrustadas en paredes, suelo y techo; 5) skylights, son ventanas o entradas que conectan la cueva con el exterior, generadas en el último estadio de enfriamiento del tubo de lava. Las estructuras secundarias, conocidas como espeleotemas, se forman a partir de precipitaciones minerales, posteriores a la formación del tubo de lava. Los espeleotemas encontrados se clasifican en: 1) Estalactitas, se localizan en el techo, poseen formas cónicas y cilíndricas que van desde 1 a 5 cm y presentan colores blanco, ocre y naranja; 2) Estalagmitas, situadas siempre en el suelo de la cueva con características similares a las estalactitas; 3) Microgours, encontrados en acanaladuras o asociados a estalactitas y coladas, con un tamaño que no superan los 2 cm y de color blanco, ocre y amarillo; 4) Coladas, situadas en las paredes, de coloraciones blanquecinas y azuladas. Su tamaño puede variar entre decenas de centímetros a 1.5 metros; 5) Coralooides de tamaño milímetros hasta pocos centímetros (< 6 cm), presentan formas arborescentes, ramificadas y color grisáceo. Se encuentran adornando paredes y techos; 6) Vermiculaciones de color ocre que cubre algunas partes puntuales de las paredes. La mineralogía de los espeleotemas recolectados ha sido caracterizada mediante Difracción de Rayos-X (DRX), donde se obtiene como resultado que las fases minerales predominantes son, el ópalo-A (silíce amorfa) y la alófana (silicato de aluminio hidratado y amorfo). Como accesorios también se observan halloysita asociada a la alófana y algunos minerales vulcanoclásticos como anfíboles y piroxenos. Agradecimientos: Agradecemos al proyecto PAPIIT IA103518. A los Laboratorios de Difracción de Rayos-X, Taller de laminación de suelos y materiales no consolidados y Taller de Ciencias de la Tierra, del Instituto de Geología-UNAM y Facultad de ciencias-UNAM, respectivamente. Adicionalmente al Mtro Hugo Salgado por su apoyo en las tareas de campo.

VUL-2

## DISTRIBUCIÓN, COMPOSICIÓN Y GÉNESIS DE LOS ESPELEOTEMAS DE CUEVA CHICA-RANCHO CHICO, VERACRUZ, MÉXICO

Lima Vera Yasmany<sup>1</sup>, Daza Brunet Raquel<sup>1</sup>, López Martínez Rafael<sup>1</sup>, Espinasa Pereña Ramón<sup>2</sup>, Pi Puig Teresa<sup>1</sup> y Barragán Ricardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología-UNAM, IGL-UNAM

<sup>2</sup>CENAPRED

yasmanylima@gmail.com

Cueva Chica-Rancho Chico se localiza al norte de la zona oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, en el municipio Perote, estado de Veracruz. Es una cueva volcánica clasificada como tubo de lava. Se considera producto de los flujos lávicos provenientes del cono de cenizas de "La Joya", el cual forma parte del campo volcánico Cofre de Perote. La cueva se caracteriza por una morfología simple que consta de un conducto principal de 150 m de largo con una ramificación de 80 m de extensión en un nivel superior a 5 m de desnivel. Se observaron espeleotemas a lo largo de todo el tubo de lava que presentan coloraciones que van del amarillo al rojo intenso casi negro. De acuerdo con su morfología se clasificaron en tres tipos principales: estalactitas, estalagmitas y flowstones. Las estalactitas de coloración anaranjada, rojiza y negra presentan tamaños que no superan los 50 cm. Pueden distribuirse de forma individual o en grupos de varias unidades. Por su parte, las estalagmitas tienen coloraciones similares a las estalactitas y son de mayores dimensiones, entre 50 cm a 2 m de ancho y de 30 cm a 1.40 m de alto aproximadamente. Finalmente, las coladas cubren algunas de las paredes variando su tamaño de pocos centímetros a metros de envergadura (10 cm - 3 m) y pueden ser de coloración ocre o completamente rojiza. La mineralogía de los espeleotemas muestreados se determinó a partir de análisis de Difracción de Rayos X. Los

resultados mostraron dos patrones mineralógicos bien definidos. Los espeleotemas de colores ocre están compuestos principalmente por alofana (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>SiO<sub>2</sub>nH<sub>2</sub>O) y haloisita (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>), mientras que los que presentan coloraciones rojizas se componen en su totalidad de oxi-hidróxidos de hierro, incluyendo una fase más ordenada como la ferrihidrita (óxido de hierro hidratado de muy baja cristalinidad). La mayoría de los patrones también presentan algunos picos característicos de otros minerales como piroxenos, micas y de minerales de arcilla, tipo montmorillonita. Agradecimientos: Agradecemos al proyecto PAPIIT IA103518. A los Laboratorios de Difracción de Rayos-X y Laminación, del Instituto de Geología-UNAM y la Facultad de Ciencias-UNAM, respectivamente. Adicionalmente al Mtro. Hugo Salgado por su apoyo en las tareas de campo.

VUL-3

## ESPELEOTEMAS SILÍCEOS EN EL TUBO DE LAVA DE CHIMALACATEPEC (MORELOS, CENTRAL MÉXICO)

Daza Brunet Raquel<sup>1</sup>, López Martínez Rafael<sup>1</sup>, Pi Puig Teresa<sup>1</sup>, Barragán Manzo Ricardo<sup>1</sup> y Espinasa Pereña Ramón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres  
rdaza.brunet@gmail.com

La cueva volcánica de Chimalacatepec se localiza en la Sierra de Chichinautzin, estado de Morelos (México Central), es un tubo de lava formado por un conducto lineal de 1.3 km de longitud. Se han encontrado muchos tipos de espeleotemas silíceos, los cuales, se han clasificado en tres grupos según su morfología: cilíndricos, planos y bulbosos. Todos ellos comprenden medidas centimétricas y milimétricas, sin superar los 10 cm, y se localizan en diferentes y puntuales partes de la cueva, mostrando una gran variedad de formas, estructuras y fábricas internas. Los espeleotemas cilíndricos se han observado en salientes del techo de la cueva y en de pequeñas repisas volcánicas, se incluyen: soda straws, estalactitas y estalagmitas con formas arborescentes y ramificadas. Por otro lado, costras milimétricas, pequeñas coladas, microgours y estromatolitos terrestres (cookie-like) se consideran espeleotemas de morfología plana y siempre se encuentran en las paredes y se localizan puntualmente en la parte central de la cueva. Finalmente, los espeleotemas de morfología bulbosa son realmente inusuales y muy escasos, fueron descubiertos recientemente e incorporados a la clasificación como pequeños champiñones y mini-dolls cubiertos por un biodepósito conocido como moonmilk. Se localizan única y exclusivamente en un punto específico del centro del tubo de lava, en la parte alta de la pared, en un lugar totalmente protegido del agua de goteo. Los espeleotemas se han caracterizado a través de las técnicas de Difracción de Rayos-X (DRX), microscopía óptica y electrónica de barrido (MEB) con energía dispersiva (EDS). Los gráficos de DRX muestran que la fase silícea dominante que forma los espeleotemas es el ópalo-A, aunque también y en menores cantidades se observan picos representativos de calcita y algunos minerales vulcanoclásticos. Estos análisis de RDX con coherentes con los obtenidos en EDS. El moonmilk es totalmente compuesto por calcita magnesiana. A partir de las imágenes MEB, el ópalo-A se caracteriza por presentarse en agregados de microesferas de ópalo-A (0.3-0.5 µm); el moonmilk es totalmente diferente formado por grandes acumulaciones de fibras de calcita magnesiana. Cabe destacar, la presencia de bacterias filamentosas y otros elementos biológicos en la mayoría de espeleotemas estudiados. Agradecimientos: Agradecemos al proyecto PAPIIT IA103518. Adicionalmente a la Dra. Teresa Pi del Laboratorio de Difracción de Rayos-X y a la Dra. Sonia Ángeles y Dra. Esmeralda Urea del laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, del Instituto de Geología-UNAM y del Servicio Técnico de la Universidad de Almería (España).

VUL-4

## ESTRUCTURA INTERNA Y SISTEMA HIDROTHERMAL DEL VOLCÁN PARÍCUTIN MEDIANTE MÉTODOS DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Bolós Xavier<sup>1</sup>, Delgado-Torres Alexander<sup>2</sup>, Macías Vázquez José Luis<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>1</sup> y Salguero David<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, IGUM - UNAM

<sup>2</sup>ENES, Morelia - UNAM  
xavier.bolos@gmail.com

La erupción de Parícutin es uno de los ejemplos más conocidos de vulcanismo monogenético en todo el mundo. Ésta inició el 20 de febrero de 1943 y terminó el 4 de marzo de 1952, produciendo un volumen de ~ 2 km<sup>3</sup>. Sus distintas fases eruptivas se han descrito en numerosos documentos utilizando los relatos detallados de los pobladores locales y científicos que presenciaron la erupción desde su inicio hasta su final. De este modo conocemos que el volcán empezó con una erupción de tipo fisural en medio de un campo de maíz, con emisión de piroclastos, cenizas y gases. El cono principal creció rápidamente con una actividad explosiva muy intensa, alcanzando ~ 150 m de altura al final del primer mes, de un total de ~ 280 m. La formación de flujos de lava se produjo en paralelo a la actividad explosiva durante los nueve años de erupción, teniendo lugar su salida en diferentes puntos emisores a lo largo de la fisura eruptiva. La caída de ceniza y en especial los flujos de lava fueron los principales causantes de la destrucción de dos poblaciones: Parícutin-Combutzio y San Juan Parangaricutiro. El presente trabajo se centra en el estudio de la estructura interna y la circulación de fluidos sub-superficiales del edificio volcánico

principal del Parícutin, mediante la aplicación de métodos de prospección geofísica. Para este estudio, se aplicó con éxito la técnica del potencial espontáneo combinado con mediciones superficiales de temperatura. Esto permitió identificar las principales zonas de infiltración y ascenso de fluidos hidrotermales, además de la temperatura superficial específica cruzando las zonas de actividad fumarólica. En paralelo se realizaron medidas de tomografía de resistividad eléctrica (ERT) utilizando una matriz no convencional para obtener perfiles con geometría variable. Este método es aplicado por primera vez en vulcanología para identificar la estructura interna de un volcán monogenético, tratando de comprender la morfología y dirección del dique de alimentación. Estos datos se presentan en un modelo de resistividad 3D que permite la interpretación de las principales estructuras. Detectamos valores de resistividad altos alineados en la dirección de la fisura eruptiva descrita, correspondientes a facies proximales de Spatter y piroclastos soldados. La combinación de las distintas técnicas aplicadas, muestra que el sistema hidrotermal se genera por convección de agua subterránea suministrada por la recarga de agua meteórica en áreas específicas del cono. El principal edificio volcánico de Parícutin presenta fallas normales de asentamiento, producidas por la sobrecarga de materiales piroclásticos depositados durante la erupción. Los datos de voltaje del SP, sugieren que estas fallas constituyen las vías principales por las cuales los fluidos hidrotermales suben a la superficie a través del cono volcánico, generando zonas de alteración hidrotermal visibles en superficie. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten caracterizar la estructura interna del volcán Parícutin y entender sus fases de crecimiento, comparando los datos geofísicos con las descripciones contemporáneas de la evolución de la erupción.

VUL-5

### CONTROL ESTRUCTURAL EN LA DISTRIBUCIÓN, MORFOLOGÍA Y VOLUMEN DEL VULCANISMO EN LA REGIÓN DE QUERÉNDARO, MICHOACÁN, AL ESTE DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Gómez Vasconcelos Martha Gabriela<sup>1</sup>, Macías Vázquez José Luis<sup>2</sup>, Avellán López Denis Ramón<sup>3</sup>, Garduño-Monroy Víctor Hugo<sup>4</sup>, Sosa Ceballos Giovanni<sup>5</sup>, Cisneros-Máximo Guillermo<sup>6</sup> y Mendiola López Fabiola<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cátedras CONACYT- Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

<sup>3</sup>Cátedras CONACYT- Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH  
ga8ygonmez@yahoo.com

Estudios previos han evaluado la relación entre el vulcanismo y el tectonismo en varios campos volcánicos monogenéticos, y se sabe que la distribución espacial de volcanes monogenéticos está altamente influenciada por el campo de esfuerzos regional, donde las intrusiones magmáticas se suelen propagar en forma perpendicular al esfuerzo compresivo horizontal mínimo ( $\sigma_3$ ). Así mismo, se sabe que si existen fallas o estructuras pre-existentes, estas pueden ser interceptadas por intrusiones de magma en su ascenso hacia la superficie y así controlar su distribución espacial. Sin embargo, aún no se ha evaluado el control estructural en algunos aspectos del vulcanismo monogenético, como la morfología, volumen, distribución temporal y dinámica eruptiva. Por lo tanto, en este estudio se eligió uno de los alineamientos de conos de escoria más importantes del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato para analizar estas relaciones. Se realizó un análisis geológico, estratigráfico, morfológico, granulométrico, de componentes, petrográfico, geoquímico y estructural en la región de Queréndaro, Michoacán. En la región de Queréndaro (300 km<sup>2</sup>) se emplazaron 20 volcanes monogenéticos y una mesa de lavas fisurales de composición andesítica a andesítica-basáltica entre # 0.8 y # 0.25 Ma, los cuales fueron emplazados con una tasa eruptiva promedio de 0.01 km<sup>3</sup>/ka. De los 20 volcanes, 13 conos de escoria se encuentran alineados en dirección ENE-OSO a lo largo de una falla normal pre-existente que forma parte del segmento de falla Queréndaro-Indaparapeo, perteneciente al Sistema de Fallas Morelia-Acambay. Esta falla es activa y presenta una tasa de desplazamiento promedio de 0.12 mm/año para los últimos 12 Ma, un desplazamiento promedio por evento de 0.73 m, un intervalo de recurrencia promedio de 7.3 ka y una magnitud máxima esperada de Mw #6.5. A los 13 conos de escoria alineados se le puede considerar como un cluster volcánico, ya que presentan una composición química similar, comparten un mismo origen magmático y son contemporáneos (ca. 0.25 Ma). No obstante, presentan algunas variantes en su distribución, morfología, volumen de magma emitido y en sus parámetros eruptivos, las cuales se pueden atribuir en parte a la disponibilidad de magma en la corteza, pero también a la tectónica regional, a la geometría de la falla a lo largo de la cual se emplazaron y a la topografía previa.

VUL-6

### EMPLACEMENT TEMPERATURE RESOLUTION AND AGE DETERMINATION OF CERRO COLORADO TUFF RING BY PALEOMAGNETIC ANALYSIS, EL PINACATE VOLCANIC FIELD, SONORA, MEXICO

Alva Valdivia Luis Manuel<sup>1</sup>, Rodríguez Trejo Alejandro<sup>2</sup>, Vidal Solano Jesús Roberto<sup>3</sup>, Paz Moreno Francisco<sup>3</sup> y Agarwal Amar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora

<sup>4</sup>University of Freiburg

lalva@geofisica.unam.mx

The lithic in the Cerro Colorado tephra deposits is dominated by clasts from shallow country rocks for a diatreme not well mixed, or, by a combination of material that reflects the relative proportions of country rock in a well-mixed diatreme. The clasts in a tephra ring bed might be ideal to use the paleomagnetic study to determine the emplacement temperature. We report emplacement temperature ranges of pyroclastic lithic fragments from the Cerro Colorado Tuff Ring in the El Pinacate Volcanic Field, Sonora, northwestern Mexico. Paleomagnetic analyses, particularly the thermoremanent magnetization procedure was carried out in 38 small cores, drilled from the 10 to 30 cm in size lithic fragments. It estimates the emplacement temperature ranges of the juvenile basaltic cauliflower bombs and not-juvenile diverse blocks produced in the phreatomagmatic eruption. Titanomagnetite and titanohematite are the main magnetic carriers, along with titanomaghemite. The 22 emplacement temperatures determined in this study are grouped in three temperature ranges, low (310–370 °C), medium (400–460 °C) and high (>500 °C). The low and medium temperature samples show two or more components, while the high temperature samples have, in general, only one component. This wide range of emplacement temperature could be related to the composite thermal history of the pyroclastic material incorporated in the water saturated pyroclastic flow deposit. The comparison of the mean direction of the secondary magnetization component with the secular variation curve of the global model SHA.DIF.14, suggests an age of 3915 ± 59 yr. BP.

VUL-7

### ANALYSIS OF GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION FOR THE LAST 1.5MA RECORDED BY VOLCANIC ROCKS OF THE TRANS MEXICAN VOLCANIC BELT: NEW DATA FROM SIERRA DE CHICHINAUTZIN, MEXICO

Rodríguez Trejo Alejandro<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis Manuel<sup>2</sup>, Perrin Mireille<sup>3</sup>, Hervé Gwenaél<sup>3</sup> y López Valdés Néstor<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE

<sup>4</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Univ Bordeaux Montaigne, Univ Rennes  
alekz\_igf@hotmail.com

The great wealth of volcanism along the Trans Mexican Volcanic Belt (TMVB) and the need to improve the secular variation curve of the Earth magnetic field of the region is the aim of this research. 300 oriented cores from 33 sites and 21 individual cooling units were acquired from Sierra de Chichinautzin volcanic field (ChVF) and Sierra de Santa Catarina (SSC). Directional analysis and rock magnetic experiments were performed (e.g. thermal demagnetization, hysteresis loop, susceptibility vs temperature), achieving 21 new averaged palaeomagnetic directions. New results are consistent with the previous studies on the same cooling unit. We compiled all the palaeomagnetic studies performed on the ChVF, updating age and calculating an average direction per cooling unit and estimating an overall mean direction for the ChVF (Dec = 359.1#, Inc = 35.3#, N = 33, k = 21.6, #95 = 5.5#, Plat = 87.7# N, Plong = 227.4# E, K = 31.8, A95 = 4.5#). Afterwards, we compiled all the previous palaeomagnetic studies along the whole TMVB with age ranging from 0 to 1.5Ma, and constrained the directional analyses by specific quality criteria such as well-defined age, number of samples and quality of kappa on the cooling unit consistency. The mean direction and virtual geomagnetic pole (VGP) estimated for the TMVB, during the periods 0–40 ka and 0–1.5 Ma, are close to the geographic pole, supporting the validity of the geocentric axial dipole hypothesis. The directional results of this study also fit well with the predictions at Mexico City of the models SHA.DIF.14k and CALS10k2 calculated for the last 14 ka. The dispersion of the VGPs on the TMVB are also consistent with the expected values proposed by different models of palaeosecular variation. However, large gaps in the temporal record remain that should be filled by further palaeomagnetic studies.

VUL-8

## GEOCHEMISTRY AND 40AR/39AR DATING OF THE SIERRA DE SANTA MARTA REVEAL MIGRATION OF VOLCANIC ACTIVITY IN THE TECTONICALLY CONTROVERSIAL LOS TUXTLAS VOLCANIC FIELD (VERACRUZ, MEXICO)

Rodríguez Sergio<sup>1</sup>, Morales-Barrera Wendy<sup>1</sup>, Pompa-Mera Valerie<sup>1</sup>, Siebe Claus<sup>2</sup>, Benowitz Jeff<sup>3</sup>, Layer Paul<sup>3</sup>, Lozano Santa Cruz Rufino<sup>1</sup> y Girón Patricia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

<sup>3</sup>Geophysical Institute, Department of Geology and Geophysics, University of Alaska  
astro.rodriguez@gmail.com

In the southern part of the state of Veracruz and parallel to the coast of the Gulf of Mexico, raises the NW-SE oriented Los Tuxtlas volcanic field (LTVF), which stands out as an isolated massif, whose highest peaks loom more than 1700 m above the surrounding alluvial plains of the Papaloapan and Coatzacoalcos basins. It partially fills the gap between the Neogene Trans-Mexican Volcanic Belt to the NW and the Chiapanecan Volcanic Belt and Central American Volcanic Arc to the SE. The magmatic origin and tectonic framework of the LTVF have been controversial topics since the beginning of geological investigations almost a hundred years ago, when alkaline rocks were first reported. The purpose of this work is to report some aspects of the geology of the SE sector of the LTVF, in particular the volcanic edifices that conform the Sierra de Santa Marta (SSM). We report 18 new 40Ar/39Ar age determinations on lavas and two 14C ages on paleosoils, as well as 102 geochemical analyses of volcanic products in order to decipher the distribution and composition of volcanic activity in space and time. With this purpose in mind, new and previous data will be compared and integrated in a geographic information system (GIS)-based map. We used a high resolution LIDAR image in order to integrate a mosaic of the area covered by the LTVF and focused our attention on the lesser known volcanic structures of the SSM, formed by four well defined composite volcanoes which show a NW-SE alignment. In a previous and classical paper about the LTVF (Nelson and González-Caver, 1992), consider the SSM as a part of the older volcanic series of the LTVF that were formed between a time span of 3 and 1 my ago. However, our 40Ar/39Ar geochronologic data shed light of a younger and complex migration of the volcanic activity along de SSM. The older volcanic manifestations are located to the NW (Encanto about 1 Ma) and the younger to the SE (San Martín Pajapan about 0.5 Ma). The morphological expression due to erosional dissection in the composite volcanoes that form the SSM, also reflects this southward migration. The northern volcanic structure (Encanto) shows a highly advanced state of degradation, meanwhile, the southern one (San Martín Pajapan) has a well defined cone-shaped form, cut by a partial collapse on the SE flank. The 18 40Ar/39Ar datings we report in this work cover a period approximately between 0.5 Ma and 1.0 Ma. This relatively short time, may suggest that the volcanic activity along the SSM could be in some sense contemporaneous, at least in the two intermediate volcanoes Yohualtjapan and Santa Marta. This is also reflected in the very low geochemical and petrological variation of the lavas and volcanic products along the SSM, since mostly show a basaltic composition and the more evolved rocks are andesites from Yohualtjapan volcano.

VUL-9

## ERUPCIONES VOLCÁNICAS CON Poca ADVERTENCIA: EL CASO DEL SAN MARTÍN TUXTLA, VERACRUZ, MÉXICO

Espíndola Castro Juan Manuel<sup>1</sup>, Zamora Camacho Araceli<sup>2</sup>, Godínez Calderón Ma. de Lourdes<sup>1</sup> y Gutiérrez Quiñirát Jerim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, CICESE  
jmec@unam.mx

El volcán San Martín Tuxtla (18.572N, 95.169W, 1650 msnm) es uno de los volcanes mexicanos que ha presentado erupciones en tiempos históricos. Este volcán se eleva en medio del campo volcánico de los Tuxtlas en el Estado de Veracruz, no muy lejos de la costa del Golfo de México. La última erupción de este volcán ocurrió en 1793 con duración de varios meses y produjo importantes caídas de cenizas en un área extensa de su vecindad, afectando seriamente las actividades humanas y causando pánico entre la población. Los productos eruptivos del San Martín son basálticos, como lo es el mismo campo volcánico, lo cual determina los tiempos de transferencia del magma desde las profundidades hasta la superficie. Por su localización en un área de amplia actividad agro-pecuaria y rápido crecimiento demográfico, el volcán constituye un riesgo significativo. Para determinar las características sísmicas del área que puedan servir como antecedentes para una posible vigilancia del volcán, volcán instalamos una red de tres estaciones sísmicas en su alrededores. Esta pequeña red ha registrado la actividad sísmica desde 2007 hasta 2016. En esta ponencia presentamos los resultados del análisis de los registros obtenidos en este período, que en general muestran que la sismicidad en el área es relativamente baja, tanto en frecuencia como magnitud: solo 51 eventos de magnitud (Mc) menores que 2.5 fueron observados y localizados. La mayoría de estos eventos son volcano-tectónicos y ocurren a poca profundidad (<< 12 km) bajo y alrededor del volcán. Este bajo nivel de sismicidad es probablemente una característica del área y no del período particular estudiado, como se ha observado en otras áreas de basáltico vulcanismo, y podría usarse para establecer cualquier

sismicidad inusual que pudiera estar relacionado con una inminente actividad volcánica. Este aspecto es de fundamental importancia pues es conocido el hecho de que las erupciones basálticas no son precedidas con mucho tiempo por señales de advertencia como en el caso de volcanes con magmas más silíceos. En esta ponencia se exponen las condiciones en que ocurrió la erupción de 1793 para ilustrar este punto.

VUL-10

## IMAGING OF THE MAGMATIC SYSTEM FEEDING LAS TRES VIRGENES GEOTHERMAL FIELD (BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO) USING ENHANCED SEISMIC TOMOGRAPHY

Caló Marco, Vilchis García Veronica y Lermo Samaniego Javier Francisco  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
calo@geofisica.unam.mx

The Las Tres Vírgenes volcanic field (Baja California Sur, Mexico) hosts one of the active geothermal power plants operating in Mexico. The volcanic system is considered still active and has been extensively studied during and after the development of the geothermal activities. However the volumes and locations of the magmatic sources, as well as the extent of the geothermal reservoir are still poorly known. In this work we use records of 177 local earthquakes recorded in 2012 by a temporary local seismic network to characterize compressional (Vp) and shear (Vs) wave seismic velocities of the volcanic system from the surface down to 8-10 km of depth. We applied the Enhanced Seismic Tomography method, which incorporates the Double Difference tomography and the post processing Weighted Average Method. Results describe for the first time that the magmatic source reaches at least 4-5 km of depth beneath La Virgen Volcano, feeding an extended reservoir confined in the first 2-3 km of depth, which is much larger than the geothermally exploited region. This study was supported by the program UNAM-DGAPA-PAPIIT: RA100416 and RA100618. The seismic stations were installed in the framework of the project: 9400082705 DEX DGF-TV-00-15, CFE.

VUL-11

## IMPORTANCIA DE LA MICROPOROSIDAD EN LA PERMEABILIDAD DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS DE ORIGEN VOLCÁNICO: CASO DE ESTUDIO DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Cid Luna Héctor Eduardo y Carrasco Núñez Gerardo  
Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, UNAM, CGEO  
hectorcid@geociencias.unam.mx

La permeabilidad es considerada un parámetro clave en el análisis del potencial para la extracción de fluidos en sistemas geotérmicos, particularmente en yacimientos volcánicos dominados por vapor. En este tipo de sistemas, la baja viscosidad del vapor en combinación con una elevada temperatura de la roca almacenadora, permiten el paso de fluidos a través de espacios mayores a las 0.003 micras. Por lo general, es común considerar que en entornos volcánicos la porosidad secundaria se asocia con patrones estructurales dominantes que actúan como el control principal sobre la permeabilidad de los sistemas geotérmicos, en donde las fallas y fracturas operan como caminos naturales de los fluidos asociados. Se ha considerado principalmente que la porosidad tiene un nulo efecto de la permeabilidad de estos sistemas, ya que comúnmente se observa una baja conectividad entre poros, particularmente en la macro-escala (i.e., > 1 micra). Sin embargo, a escala micrométrica este escenario es diferente y la conectividad está claramente identificada. En este estudio se presenta un método innovador para el análisis de la microporosidad y permeabilidad de núcleos de lavas andesíticas pertenecientes a un pozo productor del campo geotérmico de Los Humeros, México. El método se basa en el análisis mediante la microtomografía de rayos-X, para la adquisición de las propiedades microestructurales de las rocas volcánicas. Adicionalmente, se implementaron algoritmos numéricos para el procesamiento de las imágenes adquiridas y el cálculo de propiedades petrofísicas, obteniendo buenas estimaciones de permeabilidad y porosidad de acuerdo con otros métodos experimentales (porosidad al Helio). Nuestros resultados indican que los macroporos solo representan un promedio del 4% de la fracción de volumen total de los núcleos, mientras que la microporosidad puede ser del orden del 6%. También se observó que los poros menores a 1 micra son los principales responsables de la conectividad del espacio poroso, desempeñando un papel importante en la permeabilidad calculada. Los resultados obtenidos fueron comparados con registros de pozo, obteniendo una buena correlación entre la zona permeable previamente identificada y la permeabilidad calculada a partir del espacio microporoso. La buena correlación encontrada indica un probable aporte de la microporosidad a la permeabilidad del yacimiento geotérmico de Los Humeros, directamente relacionada con la extracción de fluidos. De manera que el estudio y evaluación de la microporosidad y su permeabilidad asociada pueden ser claves en la evaluación del potencial de sistemas geotérmicos volcánicos. Este trabajo fue financiado por los proyectos 4.5 del consorcio GEMEX 2015-04-268074 y P05 del CemieGEO 207032. Se agradece el apoyo de CFE para su realización.

VUL-12

## TULANCINGO-ACOCULCO: UNA CALDERA TIPO GRABEN MULTI-COLAPSO CON POTENCIAL GEOTÉRMICO

Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús<sup>1</sup>, López Hernández Aída<sup>2</sup>, Serna Bafún José Helios<sup>3</sup>, Andrade Enriquez Karla K.<sup>1</sup>, Coutiño Taboada Mariana E.<sup>1</sup>, Jasso Torres Katia<sup>1</sup>, Garay Delgado Gerardo<sup>1</sup> y Ramírez Montes Miguel A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Civil

<sup>3</sup>Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, CFE  
ger@geociencias.unam.mx

La caldera de Acoculco (Puebla) fue estudiada desde los 80s por la Comisión Federal de Electricidad y ha sido considerada como un sitio potencial para el desarrollo de una planta geotérmica. Entre los estudios realizados se tiene la información de dos pozos profundos (2000m). López-Hernández et al. (2009) mencionan que Acoculco es una caldera elíptica de 18 x 15 km, anidada en la caldera elíptica de Tulancingo de 32 km de diámetro, donde Acoculco está relacionada a un cuerpo caliente a profundidad con temperaturas de 250°C a 300°C, pero con el problema de que el sistema hidrotermal está sellado (sin permeabilidad). Estudios actuales financiados por el proyecto GEMEX, confirman que Acoculco es una caldera. Sin embargo, nuestro trabajo, también dentro del consorcio GEMEX, muestra que existe la caldera de Tulancingo, pero es tipo graben asociada a los sistemas de fallas regionales de la zona, y que Acoculco no es una caldera, sino un complejo de domos intracaldera en el centro de la caldera de Tulancingo. Esta interpretación concuerda con el registro litológico de los pozos, sobre todo por la ausencia de una la ignimbrita intracaldera para la caldera de Acoculco. Se confirma lo anterior con datos de gravimetría y magnetometría. La geología, estratigrafía y geocronología indica que la caldera Tulancingo inició su actividad hace 2.7 Ma con la formación de la Ignimbrita Tulancingo (antes llamada Alcholoaya), relacionada al primer colapso de la caldera, y el emplazamiento de domos postcolapso. Entre 1.7 y 1.6 Ma, la caldera tuvo una fase de domos intracaldera dando lugar a los Domos Acoculco, algunos relacionados con flujos de bloques y ceniza. A los 1.4-1.3 Ma sucedió el segundo colapso de la caldera, con la formación de la Ignimbrita Piedras Encimadas. A los 1.1 Ma se registra el tercer colapso y la formación de la Ignimbrita Ateca. A los 0.8 Ma sucede el último colapso y el emplazamiento de la Ignimbrita La Gloria (antes Tecoloquillo). Entre cada evento explosivo se formaron domos, tanto del anillo como intracaldera. La última actividad de la zona de estudio fue vulcanismo monogenético que formó decenas de conos de escoria y lavas con edades del Plioceno al Holoceno. Los conos están alineados a los sistemas de fallas principales, sobre todo el sistema NE. Este vulcanismo máfico es el que se pudiese relacionar con la actividad geotérmica, ya sea que la fuente de calor esté vinculada directamente a diques y cuerpos magmáticos máficos someros, o que este magma máfico haya mantenido caliente los remanentes de la cámara magmática silícica de la caldera de Tulancingo a través de repetidas inyecciones a la cámara. Financiado por GEMEX 268074 SENER-CONACYT.

VUL-13

## CRONOLOGÍA ERUPTIVA DEL COMPLEJO CALDERA ACOCULCO, PORCIÓN ORIENTAL DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANS-MEXICANA

Avellán López Denis Ramón<sup>1</sup>, Macías Vázquez José Luis<sup>2</sup>, Layer Paul<sup>3</sup>, Sosa Ceballos Giovanni<sup>2</sup>, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela<sup>4</sup>, Cisneros-Máximo Guillermo<sup>2</sup>, Sánchez Juan Manuel<sup>5</sup> y López-Loera Héctor<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Cátedras CONACYT-Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

<sup>3</sup>College of Natural Science, Mathematics and Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks

<sup>4</sup>Cátedras CONACYT – Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>5</sup>Instituto Politécnico Nacional-CIEMAD

<sup>6</sup>División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica  
denisavellan@gmail.com

El complejo caldera Acoculco está localizado en la parte este de faja volcánica Trans-Mexicana, parte norte del estado de Puebla. Este complejo calderico geológicamente está situado en la intersección de dos sistemas de fallas con una orientación NE-SW y NW-SE. La caldera Acoculco está construido sobre calizas del Cretáceo pertenecientes a la Sierra Madre Oriental, lavas basálticas de Zacatlán de edad desconocida, domos del Mioceno temprano, y domos de lavas del Plioceno. El mapeo geológico detallado y estratigrafía soportada por dataciones radiométricas de 40Ar-39Ar y 14C permitió identificar que el complejo está construido de al menos 30 unidades volcánicas. Con base en toda esta información y los estudios previos la cronología eruptiva de Acoculco fue agrupada dentro de cuatro fases eruptivas: syn-caldera, post-caldera temprano, post-caldera tardío, y extra-caldera. El comienzo del vulcanismo se originó hace 2.7 Ma con la dispersión de una ignimbrita andesítica seguida del colapso del techo de la cámara de magma, como lo evidencia la presencia de una brecha lítica localizada en las fallas de borde, y borde topográfico de la caldera. Este colapso provocó la formación de una subsidencia calderica de 18 x 16 km, parcialmente rellena por la ignimbrita con un volumen mínimo total de aproximadamente 127 km<sup>3</sup>, seguido de la formación de un lago intracalderico. Asociado a este lago se reconoció en varios sitios depósitos lacustres en la parte central-suroeste y borde intracaldera norte. La actividad post-caldera temprana (2.6–2.1 Ma) fue restringida hacia el interior de la caldera produciendo

un volumen de hasta 27 km<sup>3</sup> de lavas y domos de composición predominantemente traquiandesita basáltica a basáltica. La actividad post-caldera tardía (2.0–<0.016 Ma) migró esencialmente hacia los bordes y periferia de la caldera emplazando 90 km<sup>3</sup> de magma como domos, flujos de lava, ignimbritas riolíticas, y conos de escoria. La actividad extra-caldera (2.4–0.19 Ma) está directamente vinculada con la formación del campo volcánico Apan-Tezontepec que produjo conos de escorias y flujos de lavas de composición traquiandesita basáltica a andesita basáltica, que se inter-estratificaron con los productos del complejo calderico Acoculco.

VUL-14

## REGISTRO DE LAHARES 2018 EN LA BARRANCA MONTEGRANDE, VOLCÁN DE COLIMA

Martínez Valdés Ivonne<sup>1</sup>, Márquez Ramírez Víctor Hugo<sup>1</sup>, Capra Pedol Lucía<sup>1</sup>, Coviello Velio<sup>2</sup> y Arámbula Mendoza Raúl<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CGEO UNAM

<sup>2</sup>Universidad Libre de Bolzano

<sup>3</sup>Universidad de Colima  
jim@ciencias.unam.mx

El Volcán de Colima (VdC) es considerado el volcán más activo de México, no sólo por su actividad eruptiva sino también por la amplia generación de procesos vulcanoclasticos como los lahares. Los lahares (flujos de agua y sedimento originados en laderas volcánicas) son muy comunes en el VdC. Particularmente durante la temporada de lluvia en los meses de mayo a octubre, decenas de lahares se originan en las principales barrancas que drenan desde el cono volcánico. Por frecuencia y magnitud, los lahares representan una de las principales amenazas para las poblaciones aledañas al volcán en un radio de 15 km de distancia. Por lo anterior, resulta importante entender la dinámica y evolución del proceso. Para lograr esto, actualmente se emplea el análisis de distintos datos obtenidos por estaciones de monitoreo, las cuales normalmente cuentan con sensores sísmicos y cámaras de video. La barranca Montegrande, ubicada al sur del VdC, resultó drásticamente afectada por el emplazamiento de flujos piroclásticos durante la erupción de julio de 2015 y actualmente es la barranca más activa en la formación de lahares. En el año 2018 se registraron un total de 17 lahares: de cada evento se obtuvieron datos sísmicos y visuales desde la estación de monitoreo localizada a 7 km de distancia del cráter, y los datos obtenidos están siendo analizados para la propuesta de un sistema de detección temprana. Además de los datos obtenidos en la estación de monitoreo, se cuenta con otros dos puntos de monitoreo sísmico (aguas arriba y aguas abajo de la estación principal), para el análisis de las variaciones longitudinales de los flujos. Con las señales obtenidas por las estaciones, se presenta el análisis de las características tiempo-frecuencia que describen a cada uno de los eventos registrados. El análisis de estos datos permitió también estimar rangos de velocidad de los flujos, tomando como referencia los pulsos principales. Así mismo, se definieron rangos de magnitud en relación con las características hidrometeorológicas de cada evento. Es importante destacar que la recopilación de estos datos resulta fundamental para el entendimiento del fenómeno y la realización de planes de mitigación o bien, sistemas de alerta temprana. Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto CONACYT: Problemas Nacionales PDCPN-2015-360.

VUL-15

## ANÁLISIS DEL FENÓMENO DE AVALANCHAS DE ESCOMBROS A PARTIR DE SIMULACIONES NUMÉRICAS, DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TACANÁ, MÉXICO-GUATEMALA

Fitz Alvira Nestor<sup>1</sup>, Macías Vázquez José Luis<sup>2</sup> y Vázquez Morales Rosario<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, ESCT

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacana, UNAM

<sup>3</sup>ENES Juriquilla

nestor\_alvira@hotmail.com

El Complejo Volcánico Tacaná (CVT), es considerado un volcán activo en estado de quietud que representa un peligro potencial para los pobladores circundantes, compartido por México y Guatemala. Es un estratovolcán localizado en la parte noroccidental del Arco Volcánico Centroamericano (AVC), conformado por cuatro estructuras volcánicas. Este complejo reanudo explosiones freáticas recientes como las ocurridas en 1949 y 1986, aunque la última erupción no fue de gran impacto llamó la atención de ciudadanos, autoridades y científicos, esta erupción lo ubico como un volcán activo en estado de quietud y potencialmente peligroso. La historia eruptiva del complejo indica que ha tenido seis erupciones registradas durante los últimos 48, 000 años. Estas erupciones incluyen diferentes tipos de peligros volcánicos, en este trabajo se realizó un compendio de las avalanchas de escombros del CVT, para evaluar el peligro que podría ser causado por este fenómeno en un futuro. Durante los últimos 15 mil años se tienen documentadas cuatro avalanchas de escombros conocidas con el nombre de Agua Caliente, Tuimanj, La Vega y Muxbal, se realizaron simulaciones numéricas con el software computacional TITAN2D para recrear la distribución y extensión de estos depósitos. A partir de las características de estos depósitos se definieron cinco escenarios susceptibles a que ocurra un fenómeno de este tipo considerando la morfología actual del volcán. Asimismo, se procedió a clasificar los parámetros de entrada para cada escenario y así analizar la dispersión y extensión de cada zona simulada. Los resultados de 100/200 simulaciones indican

que el uso de este tipo de modelos numéricos proporciona una propuesta real para la evaluación del peligro volcánico por avalanchas de escombros. Las simulaciones que se ejecutaron muestran que aproximadamente un total de 20, 000 personas serían afectadas por este tipo de fenómenos, perjudicando poblados importantes como Unión Juárez, Talquian, Cacahuatán del lado mexicano, mientras que de Guatemala los poblados importantes serían Agua Tibia, La Vega y San Rafael. Por lo tanto, estos resultados son un insumo importante para evaluar el potencial destructivo de este fenómeno y debe servir como base para la toma de medidas necesarias para los planes operativos de evacuación.

## VUL-16

### IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE DEPÓSITO DE CENIZA DEL POPOCATÉPETL CON BASE EN EL PRONOSTICO DE CENIZA

García Agustín<sup>1</sup>, Ortega Salinas Alonso<sup>1</sup>, Delgado Granados Hugo<sup>2</sup> y Herrera Moro Dulce<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmosfera, CCA UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

agustin@atmosfera.unam.mx

En el desarrollo de los planes de emergencia por el depósito de tefra proveniente de erupciones volcánicas se requiere de conocer los sitios donde podría caer el material emitido durante el evento. El depósito de ceniza depende de la emisión y de las condiciones meteorológicas existentes durante el proceso eruptivo. Es probable que existan sitios donde no se ha depositado tefra volcánica debido a que la erupción y la meteorología no fueron favorables para dispersar el material en ese sitio. Con el objeto de identificar las áreas probables de depósito de ceniza el volcán Popocatepetl, se emplean las modelaciones de dispersión, depósito y transporte de erupciones de tefra provenientes del sistema de pronóstico de dispersión del volcán Popocatepetl mediante el modelo FALL3D, con esta información se realizó la evaluación de la probabilidad de depósito considerando un año de datos empleando el modelo Hazard Maps. Para cada día se realiza una modelación para cada hora y para 3 alturas de columna (3 km, 5km y 10km) teniendo así 72 modelaciones diarias, y para el año se evaluaron un poco más de 25,000 modelaciones con lo que se pueden obtener el depósito para la gran mayoría de los escenarios meteorológicos posibles. En los resultados se muestran las áreas de probabilidad de depósitos con valores promedio mensual, así como el anual para cada una de las alturas consideradas

## VUL-17 CARTEL

### MONITOREO SÍSMICO DE LAHARES EN EL VOLCÁN DE COLIMA CON INSTRUMENTACIÓN DE BAJO COSTO (RASPBERRYSHAKE)

Márquez Ramírez Víctor Hugo<sup>1</sup>, Capra Pedol Lucía<sup>1</sup>, Coviello Velio<sup>2</sup>, Martínez Valdés Ivonne<sup>1</sup>, González-Amezcuea Miguel<sup>1</sup>, Álvarez Nieves José Manuel<sup>1</sup>, Martínez-Fierros Alejandro<sup>3</sup> y Arámbula Mendoza Raúl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias UNAM Juriquilla, Cgeo

<sup>2</sup>Free University of Bozen-Bolzano, Facoltà di Scienze e Tecnologia

<sup>3</sup>Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos (CUEV), Universidad de Colima

<sup>4</sup>Instrumental S.A. de C.V.

marvh@geociencias.unam.mx

La sismología ha sido utilizada con éxito en los últimos años, para el monitoreo de procesos geológicos superficiales (PGS) tales como lahares, flujos piroclásticos, deslizamientos, crecientes de ríos, entre otros. Actualmente este tipo de estudios se engloban en lo que se conoce actualmente, como sismología ambiental. El alto costo de la instrumentación sísmica tradicional, limitaba la posibilidad de tener estaciones de monitoreo de PGS. Esto ha ido cambiando con el surgimiento de equipo de bajo costo. Un buen ejemplo de equipo de bajo costo es el RaspberryShake (RS), dicho instrumento está conformado por la famosa microcomputadora Raspberry con incorporación de geófono de 4.5Hz (0.5Hz), acelerómetro de tres componentes e infrasonido, con diferentes combinaciones; a nivel de software cuenta con un servidor seedlink, el cuál es completamente transparente para los sistemas más utilizados en las redes sísmicas, como Seiscomp3 y Earthworm, lo que permite integrar fácilmente los datos a una red de monitoreo en tiempo real. En este trabajo se presentarán los resultados del monitoreo sísmico de Lahares en la Barranca Montegrande en el Volcán de Colima, con el uso de RS, y se mostrarán los resultados preliminares del sistema de alerta temprana para Lahares. Dicho sistema se encuentra en fase de calibración y prueba, en dos barrancas del Volcán de Colima, Montegrande y La Lumbre. En el caso de la barranca Montegrande se han registrado alrededor de 20 lahares, con estos datos se esta trabajando en un bosquejo general de boletín informativo donde se muestren las características básicas de los eventos. La identificación automática ha sido efectiva en el 70% de los eventos. Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto CONACYT Problemas Nacionales PDCPN-2015-360.

## VUL-18 CARTEL

### 3D AMBIENT NOISE TOMOGRAPHY OF THE CEBORUCO VOLCANO, NAYARIT, MEXICO

De Plaen Raphael, Leon Ernesto, Núñez Cornú Francisco Javier y Núñez Escribano Diana

Universidad de Guadalajara, SisVoc  
raphael.deplaen@gmail.com

Ceboruco is one of the only historically active volcanoes at the western end of the Mexican volcanic belt. With the most recent eruption dating back to 1870, close attention should remain on potential activity and the risk that would be associated with it for the neighboring communities. To this day, both the internal structure of the Ceboruco and its seismicity remain poorly constrained. In the frame of the project P-24 of the CeMIEGeo, a network of 21 temporary short-period stations was installed from November 2016 to July 2017 with the main purpose of studying the seismicity of the Ceboruco volcano. We exploited the continuous records of this network to produce a tomography of the seismic velocity structure under the surface. Here, seismic interferometry of ambient noise records was used to reconstruct empirical Green's functions between all possible pairs of stations in the network. The resulting cross-correlation functions were used to measure the Surface wave group velocity dispersion curves. Those measurements were regionalized into 2-D velocity maps between 1 and 8 s. The velocity maps were then locally inverted using a neighborhood algorithm to produce a 3-D shear-wave velocity model down to 10 km depth. Our results reveal a large high-velocity anomaly located under the main crater up to ~2.5 km depth and surrounded by a low-velocity zone. This positive anomaly could be associated with an old intrusive body or a preferential dike intrusion zone. A low-velocity anomaly in the upper ~1.5 km depth under the volcanic edifice can be observed and could be associated with a shallow magmatic reservoir or a shallow hydrothermal system that formed above a cooling magmatic reservoir.

## VUL-19 CARTEL

### ANÁLISIS VOLUMÉTRICO DEL GRUPO POST-CALDÉRICO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE LOS HUMEROS

Fernández Maya Francisco Omail, Carrasco Núñez Gerardo, Hernández Rojas Javier y Barrios Josie Steven  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
franciscofernandez@geociencias.unam.mx

El Complejo Volcánico de Los Humeros (CVLH) está ubicado en el límite oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano y aloja un reservorio geotérmico actualmente en explotación. Su evolución está marcada por un periodo de intensa actividad efusiva referida como etapa pre-caldera (1.55 a 11 Ma), seguida por un periodo explosivo asociado a la formación de un sistema de calderas anidadas durante el Pleistoceno, conocido como etapa caldérica (69 a 164 ka), y por último, por un periodo de actividad volcánica que va desde hace aproximadamente 50 ka hasta el Holoceno, el cual incluye una fase de resurgencia en el centro de la caldera y una fase de vulcanismo explosivo y efusivo de tipo anular y composición bimodal referido en conjunto como grupo post-caldérico. Diversos estudios se han realizado sobre la estratigrafía y la estructura del CVLH, sin embargo, éstos se han enfocado principalmente en los depósitos del grupo caldérico, quedando pendiente de detallar las unidades que conforman el grupo post-caldérico. Este trabajo presenta una reevaluación detallada de éste grupo, a partir de la integración de información petrográfica y estratigráfica en pozos del campo geotérmico y muestras en superficie, así como de estudios geofísicos. Esta información se integró en herramientas de sistema de información geográfica (SIG) y el software de visualización 3D LeapFrog Geo, resultando en un modelo tridimensional de alta resolución. El modelo muestra la configuración espacial de los diversos flujos de lava, depósitos de caída y flujos piroclásticos que, en conjunto representan un volumen total en el interior de la caldera de 56.7 km<sup>3</sup>, y cuyos volúmenes pueden ser medidos individualmente para cada unidad litoestratigráfica, con lo cual se podrán hacer estimaciones de la tasa eruptiva de la etapa post-caldérica del CVLH. Estos resultados nos servirán para futuros estudios de la actualización sistema geotérmico del CGLH. Este trabajo fue financiado por los proyectos 4.5 del consorcio GEMEX 2015-04-268074 y P05 del CemieGEO 207032. Se agradece el apoyo de CFE para su realización.

## VUL-20 CARTEL

### VARIACIÓN COMPOSICIONAL DEL CAMPO DE LAVAS HOLOCÉNICO DEL BORDE SUR DE LA CALDERA DE LOS HUMEROS, PUEBLA

Barrios Enriquez Steven, Carrasco Núñez Gerardo y Hernández Rojas Javier  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
stevenbaren@geociencias.unam.mx

El centro volcánico de los Humeros (CVLH) es una de las calderas silíceas más grandes del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), que comprende un campo geotérmico actualmente en explotación por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) con una producción de 95 MW. Estudios recientes demuestran que el inicio de su formación es mucho más joven (164 ± 4.2 ka) de lo reportado con anterioridad (460 ± 40 ka), que junto a su gran volumen sugieren condiciones térmicas

prolongadas que tienen un impacto importante en la evaluación del potencial geotérmico del campo geotérmico de Los Humeros. El CVLH está localizado en la parte norte del sector este del CVTM, en la cuenca Serdán-Oriental, la cual se caracteriza por un vulcanismo cuaternario monogenético bimodal con conos de escoria, ceniza, lavas, y algunos volcanes maar de composición basáltica, así como anillos de toba y domos de mayor tamaño de composición riolítica. Durante el Holoceno ocurrió una importante fase eruptiva hacia el sur, norte y la parte central de la Caldera de los Humeros, dominada por un vulcanismo efusivo y explosivo mayormente de composición andesítica-basáltica como parte de la etapa post-caldera. La actividad más reciente de la etapa post-caldera está caracterizada por el emplazamiento de un campo de lavas muy bien definido, generado a partir de diferentes bocas eruptivas que, en su mayoría, parecen estar controladas estructuralmente por el borde sur de la Caldera de los Humeros. Este vulcanismo Holoceno es el resultado de múltiples inyecciones de magma, emplazadas en un periodo de tiempo relativamente corto de entre ~7.3 ka y 2.86 ka. La obtención de los parámetros morfológicos de este campo de lavas permitió elaborar un mapa morfoestratigráfico que revela una secuencia estratigráfica compuesta por 6 diferentes flujos de lava (Victoria, Texcal, Tepeyahualco, Sarabia, Frijol Colorado/Limón y El Pájaro) los cuales fueron clasificados por su posición estratigráfica con respecto a las demás unidades de lava, y se infiere que fueron emitidos en intervalos de tiempo muy cortos entre cada unidad. Estos flujos están agrupados en tres diferentes episodios eruptivos, los cuales muestran una amplia variación composicional abarcando basaltos de olivino, andesitas basálticas, traquiandesitas, traquiandesitas basálticas y traquitas. Dichas variaciones sugieren la existencia de diversas fuentes magmáticas y su posible interacción con el sistema geotérmico. El estudio de la variación composicional puede proporcionar información relevante sobre la reactivación de la fase resurgente del sistema magmático con inyecciones episódicas muy recientes, lo cual revela procesos magmáticos que siguen proporcionando calor al sistema geotérmico y que tiene también implicaciones de peligro importantes. Este trabajo fue financiado por los proyectos 4.5 del consorcio GEMEX 2015-04-268074 y P05 del CemieGEO 207032. Se agradece el apoyo de CFE para su realización.

#### VUL-21 CARTEL

### IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DEL ESPACIO AÉREO CON ALTA PROBABILIDAD DE SER AFECTADAS POR PRESENCIA DE CENIZA EN LA ZONA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Jiménez Escalona José Carlos<sup>1</sup>, Ávila Razo José Eduardo<sup>2</sup>, Sanchez Villanueva Carlos Rodolfo<sup>2</sup>, Aparicio García Ramon Sidonio<sup>2</sup> y Monsiváis Huertero Alejandro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ESIME Ticoman, IPN; Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

<sup>2</sup>ESIME Ticoman, IPN

jjimenez71@gmail.com

El volcán Popocatepetl se ha caracterizado por presentar actividad explosiva de baja y mediana intensidad. Debido a la elevación del cráter estas erupciones con columnas eruptivas de unos cuantos kilómetros pueden colocarse en las altitudes donde la aviación comercial lleva a cabo sus operaciones de navegación. Debido a que la presencia de ceniza en las rutas aéreas ocasiona fuertes impactos en la industria aeronáutica se vuelve un factor de mucho interés conocer las zonas que son impactadas, tanto para buscar rutas alternativas, así como para la programación de aeropuertos que pudieran ser utilizados en caso de emergencia en caso de alguna falla de la aeronave. Desde principio de los años 80's se han utilizado las imágenes satelitales para la detección y el monitoreo de emisiones volcánicas. En el caso de las imágenes MODIS, debido a su resolución espacial (1 km) y su resolución temporal que permite obtener hasta 4 imágenes diarias de la zona de interés, presentan una alta probabilidad de poder identificar las nubes de ceniza volcánica en caso de una erupción. LA VAAC de Washington reportó que durante el periodo de 1999 a 2016 se presentaron 553 días con presencia de ceniza en la zona del volcán Popocatepetl de los cuales el 61% fueron captadas con imágenes MODIS. Por otro lado, se utilizaron datos de viento en la estructura vertical de la atmósfera de los datos de reanálisis de NOAA que permitieron identificar dos patrones que describen la dispersión en la zona donde se deposita la ceniza en una erupción. Se observa que para los meses de noviembre a mayo la dispersión de la ceniza tiene una componente principal hacia el Este mientras que para los meses de julio a octubre la componente principal de la dispersión de ceniza es hacia la zona del Suroeste. Con esta información se generaron mapas de zonas con alta probabilidad de presencia de ceniza en caso de una erupción en caso de una erupción del Popocatepetl en función de la época del año.

#### VUL-22 CARTEL

### LAS CENIZAS VOLCÁNICAS DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DEL 3-5 DE JULIO DE 2013 VS LAS CENIZAS DE LAS ERUPCIONES DEL 8-20 DE JULIO DE 2019: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS, DE COMPONENTES Y MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)

García Tenorio Felipe<sup>1</sup>, Cardona Melchor Silvestre<sup>2</sup> y Mendiola López Fabiola<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Petrografía del Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, IGUM, UNAM

<sup>2</sup>Laboratorio de Microanálisis del Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, IGUM-UNAM

<sup>3</sup>Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales del Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM  
tenoriogf@geofisica.unam.mx

Se compararon dos periodos eruptivos del volcán Popocatepetl de erupciones vulcanianas con índice de explosividad 2, que dispersaron cenizas de caída aérea al NW del volcán Popocatepetl hacia la Cuenca de México, en los días 3, 4, y 5 de Julio de 2013 y los días 8, 12, 17, 18 y 20 de Julio de 2019. Las cenizas se colectaron entre 18 y 27 km de distancia del volcán (en Amecameca y Tlalmanalco). Las erupciones de Julio de 2013 se caracterizan por tener grandes cantidades de cenizas finas (30-52%), y tienen 11% de líticos Juveniles, 6-14% de líticos accesorios, 22-33% de vidrio (en la fracción fina >4phi), 17-22% de ferromagnesianos (piroxenos, olivino, biotita y anfíbol) y 22-33% de plagioclasas, con 9-13% de partículas torácicas (<10 micras) y 37-41% de partículas respirables (<4 micras), se distinguen por la presencia de clastos de pómez (4-9%), biotita (0.2-1%), y anfíboles (0.2-1.5%). Las erupciones de Julio de 2019 tienen menor cantidad de cenizas finas (3-29%), y tienen 11-17% de líticos Juveniles, 6-10% de líticos accesorios, 18-34% de vidrio (en la fracción fina >4phi), 11-28% de ferromagnesianos (piroxenos y olivino) y 36-47% de plagioclasas, y con 0.3-3% de partículas torácicas (<10 micras) y 3-25% de respirables (<4 micras), biotita se observó con 0.2 % en algunas muestras. Los tipos morfológicos observados con MEB son: blocky, elongados, redondeados, curvilineales, agregados y spongy en los dos periodos. Curvilinear es más abundante en Julio de 2013. Las diferencias en granulometría y morfología sugieren que los dos periodos implicaron mecanismos de fragmentación distintos.

#### VUL-23 CARTEL

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CENIZA PROVENIENTE DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL, CONTINGENCIAS 2012, 2013, 2016, 2018 Y 2019

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

En este trabajo se muestra el comparativo de los estudios que fueron realizados a la ceniza proveniente del volcán Popocatepetl durante las contingencias de Mayo de 2012, Mayo 2013, abril 2016, diciembre 2018 y junio 2019, debido a las cuales la Zona Metropolitana del Valle de Puebla (ZMVP) fue afectada. En el estudio realizado por difracción de rayos "X" y espectroscopía Raman, se encontraron claras muestras de la existencia de minerales del grupo de piroxenos y ortopiroxenos, en su mayoría Albitas y Anortitas con cantidades importantes de Enstatita férrica. Lo anterior se comprobó con el estudio de microscopía electrónica de barrido, con el cual se realizó un estudio EDS para conocer las proporciones de los elementos que componen las muestras; así mismo, los estudios se complementan con la técnica de absorción atómica. También se encontraron formas cristalinas de vidrios volcánicos. Las muestras fueron recolectadas en diversos municipios de los estados de Puebla y Tlaxcala.

#### VUL-24 CARTEL

### MONITOREO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL POR MEDIO DE IMÁGENES SATELITALES EN EL PERÍODO DE JUNIO-DICIEMBRE 2018

Montoya Ochoa Viridiana Berenice<sup>1</sup> y Jiménez Escalona José Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora, UNISON

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional

viridiana.montoyao@gmail.com

El volcán Popocatepetl es uno de los volcanes más representativos de México, actualmente se encuentra en un periodo eruptivo y por la cercanía que este tiene con las ciudades de México, Puebla y Morelos es considerado como uno de los volcanes más peligrosos para la comunidad civil y para el espacio aéreo. Esto despierta el interés para la investigación de su comportamiento con el propósito de buscar mitigar riesgos en la población. El volcán Popocatepetl es clasificado como el estratovolcán más activo de México, con una estimación de más de medio millón de años de actividad con una actividad eruptiva explosiva bimodal compuesta por erupciones del tipo pliniano y vulcaniano. En la actualidad, después de un periodo pasivo de 70 años el volcán Popocatepetl, tuvo un incremento en su actividad a partir de finales de 1993. Se presentaron eventos sísmicos de largo periodo y aumento en la actividad fumarólica. También se reportaron cambios en la temperatura y pH

del lago en el cráter, y un incremento en la emisión de gases (Martin Del Pozzo, 2012). De esa fecha al reciente, se han reportado incrementos y descensos en las explosiones de ceniza, incluso periodos anuales en los que casi no se presentan erupciones explosivas. Se pudo observar nuevamente una ciclicidad en la actividad volcánica representada por el mes de enero con un reporte de 21 días con actividad explosiva seguido de un decremento en los meses posteriores pero en el mes de Septiembre se puede observar un fuerte aumento alcanzando los 22 días reportados con ceniza. Es por esta razón que este trabajo pretende llevar a cabo un estudio del comportamiento de la actividad del volcán antes y durante este periodo de incremento de actividad. Se realizará un monitoreo de la actividad de las emisiones de SO<sub>2</sub> durante los meses de julio a diciembre de 2018, con el propósito de interpretar el comportamiento interno del sistema del volcán. Para esto se utilizará una técnica basada en el procesamiento de imágenes satelitales en el rango del infrarrojo térmico desarrollada por Realmuto y Berk (2016). El presente trabajo se enfocó en el análisis del monitoreo de la actividad de la desgasificación del volcán Popocatepetl durante los meses de junio a diciembre de 2018 con el propósito de identificar el tipo de comportamiento interno del volcán que dio origen a este fuerte incremento de la actividad explosiva. En el período analizado de junio a diciembre se registraron mayor cantidad de erupciones en el mes de septiembre lo cual se puede relacionar con el periodo de máximos niveles de flujo de SO<sub>2</sub> reportando durante el mes de agosto registradas en la base de datos creada a partir del procesamiento de imágenes satelitales del sensor MODIS.

## VUL-25 CARTEL

### IDENTIFICACIÓN DE LOS MINERALES CANCERÍGENOS DE LA SERIE ERIONITA EN LAS ROCAS FÉLSICAS DEL NORESTE DE LA SIERRA DE GUANAJUATO, SAN FELIPE, GUANAJUATO, MÉXICO

Kshirsagar Pooja<sup>1</sup>, Miranda-Avilés Raul<sup>1</sup>, Loza Aguirre Isidro<sup>1</sup>, Ramos Cruz Jamie Oswaldo<sup>1</sup>, Datta Saugata<sup>2</sup>, Nemeth Karoly<sup>3</sup> y Perez Guitierrez Rodrigo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingenierías en Minas, Metalurgia y Geología

<sup>2</sup>Department of Geology Kansas State University, 108 Thompson Hall, Manhattan, Kansas, U.S.A

<sup>3</sup>Volcanic Risk Solutions CS-INR, Massey University, Palmerston North, New Zealand  
pv.kshirsagar@ugto.mx

Actualmente en México sólo hay dos informes que describen la presencia de Erionitas: uno en Agua Prieta, Sonora, y otra entre las ciudades de Juventino Rosas y Guanajuato. Hasta el momento no ha habido informes de problemas de salud asociados con cualquiera de estos depósitos; sin embargo, el riesgo existe. Alrededor del 80.5% de los casos de mesotelioma en México están claramente asociados con la exposición al asbesto, mientras que el 19.5% restante son de origen desconocido. Recientemente en el estado de Guanajuato, en el pueblo de Tierra Blanca de Abajo, con una población de 450 habitantes, ubicada a 10 km de San Miguel de Allende se reportó (o "se ha reportado") alta incidencia de cáncer de pulmón (alrededor de 4 muertes / 1000 habitantes) y mesotelioma maligno (alrededor de 1 muerte / 1,000 habitantes) por la ocurrencia de Erionita-K en una toba riolítica zeolitizada confinada entre dos ignimbritas riolíticas (Oligoceno-Mioceno). En consideración de eso, la ocurrencia de Erionita en los análisis preliminares de las ignimbritas que afloran en el noreste de la Sierra de Guanajuato, cerca de San Felipe, Guanajuato, motivó la presente investigación. La zona de interés se caracteriza por afloramientos de rocas volcánicas cenozoicas que representan las exposiciones más orientales de la Sierra Madre Occidental y aparece en mapas regionales como "Terciario Oligoceno". En el estudio, se recolectaron 12 muestras en total y se realizaron análisis de petrografía, mineralogía y geoquímica. 11 muestras son de composición riolítica (compuestas por riolitas e ignimbritas) y presentan diferentes grados de soldadura y concentración de esferulitas. Una muestra manifiesta la textura intersertal y es traqui-basáltica en composición. Sin embargo, de la composición, todas las muestras tienen considerable cantidad de Na. K-erionitas. Será importante a saber el origen de este mineral cancerígeno y su concentración.

## VUL-26 CARTEL

### MORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE LOS CONOS DE ESCORIAS DEL VULCANISMO EXTRA-CALDERA AL OESTE DEL COMPLEJO CALDERA ACOCULCO

Cisneros-Máximo Guillermo<sup>1</sup>, Lara-Ruiz Jorge Iván<sup>2</sup>,  
Avellán López Denis Ramón<sup>3</sup> y Macías Vázquez José Luis<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

<sup>2</sup>ENES-Morelia, UNAM

<sup>3</sup>Catedras CONACYT, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM  
geo\_cis\_max@hotmail.com

Durante este trabajo se creó un modelo digital de elevación del terreno y un modelo de análogos del área de estudio, los cuales junto con ortofotos e imágenes spot pancromáticas y multiespectrales con resoluciones de 1.5 y 6 m, respectivamente; ayudaron a realizar un mapa fotogeológico preliminar. Posteriormente, sirvieron para rectificar y modificar los límites entre las estructuras volcánicas y la distribución de sus depósitos volcánicos. Donde se obtuvo el mapa geológico actual con la distribución de las distintas unidades litológicas cartografiadas y la estratigrafía preliminar de la zona de estudio. La zona se localiza a 20 km al sureste de la ciudad

de Tulancingo y entre 5 y 9 km al oeste de la caldera de Acoculco. Durante el trabajo de gabinete y de campo realizados en este estudio se reconocieron al menos ocho conos de escorias pertenecientes al campo volcánico Apan-Tezontepec. Estos conos de escorias se han considerado como parte del vulcanismo extra-caldera formados en la periferia del complejo caldera Acoculco. Estos conos se encuentran distribuidos en un área de 72 km<sup>2</sup>. El vulcanismo asociado a la formación del campo volcánico Apan-Tezontepec, presentan edades entre 3 y 0.19 Ma. Estos volcanes monogenéticos están contruidos sobre un basamento construido por rocas calizas del Cretáceo perteneciente a la Sierra Madre Oriental, mesetas de lavas basálticas Zácatlan, y domos y lavas de la faja volcánica Trans-Mexicana del Mioceno temprano y Plioceno. Los conos de escorias presentan composiciones desde andesita basálticas a andesitas (Silíce entre 52-62 % en peso). Por otro lado, nos interesa obtener datos morfológicos de alta resolución, por lo que fue necesario hacer un levantamiento fotogramétrico y planeación de vuelos por medio de un vehículo aéreo no tripulado (Dron). Los levantamientos topográficos con drones han permitido obtener modelos digitales del terreno mucho más detallados y precisos y de mejor calidad que las técnicas topográficas tradicionales. Con este fin, pretendemos obtener los datos de volumen de los ocho conos de escoria extra-caldera pertenecientes a Apan-Tezontepec.

## VUL-27 CARTEL

### ESTUDIO PRELIMINAR DE PRISMAS DE ROCA VOLCÁNICA DE COTIJA, MICHOACÁN

Martínez Reyes José<sup>1</sup>, Gómez Figueroa Adrián<sup>2</sup>, Moreno Nava Ignacio<sup>3</sup>, Vera Romero Iván<sup>3</sup> y Ortiz Soriano Agustina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, UCM

<sup>2</sup>Liceo Diocesano

jmartinez@ucienegam.edu.mx

El municipio de Cotija Michoacán se encuentra dentro de la faja volcánica transmexicana, con una actividad vulcanológica básica mono genética regional, que dio lugar a la formación basalto Cotija de edad terciaria a cuaternaria. Los prismas de roca volcánica, son formaciones geométricas tridimensionales que se desarrollan en rocas volcánicas probablemente debido a un rápido enfriamiento de magma confinado. Se han documentado este tipo de formaciones en rocas alcalinas como basaltos pero también pueden darse en otros tipos de roca volcánica. De acuerdo a la evidencia experimental más consistente, la formación de los prismas se da cuando los depósitos de magma se enfrían rápidamente dando lugar a columnas desde 3 aristas hasta ocho, siendo las más comunes las pentagonales y hexagonales. El desarrollo de estas formaciones prismáticas da lugar a paredes o edificios columnares de dimensiones variables que pueden ser desde varios centímetros hasta metros como las localizadas en el municipio de Cotija de la paz, Michoacán en la formación bautizada como el "edificio del tío Sune" con ubicación en las coordenadas 19°40'30.06" N, 102°43'28.02" W a 1664 msnm.

## VUL-28 CARTEL

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y DE COMPONENTES PARA EL ÁREA DE QUERÉNDARO, MICHOACÁN

Mendiola López Fabiola<sup>1</sup>, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela<sup>2</sup>, Avellán López Denis Ramón<sup>3</sup>, Macías Vázquez José Luis<sup>4</sup> y López Arévalo Omar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales, IGUM, Unidad Morelia, UNAM

<sup>2</sup>Cátedras CONACYT- Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México.

<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.  
fabiola@igeofisica.unam.mx

Durante el 2018 en el área de Queréndaro, Michoacán se recolectaron un total de 16 muestras de sedimentos volcánicos para realizar el análisis granulométrico y de componentes como complemento a un estudio realizado en el mismo año a 13 conos de escoria alineados a lo largo de una falla normal preexistente en un segmento activo del Sistema de Fallas Morelia-Acambay en el Cinturón Volcánico Transmexicano central. Las muestras recolectadas fueron analizadas con los métodos de tamizado clásico en seco con un intervalo granulométrico de 16.0 mm a 0.063 mm y el método de Difracción láser en húmedo con un intervalo de 0.062 mm a 0.00050 mm para partículas finas. A partir de las curvas granulométricas obtenidas con los métodos ya mencionados, la mayoría de las muestras presentan una distribución granulométrica unimodal y una distribución polimodal con pobre selección. Los resultados obtenidos sirvieron para evaluar algunas de las variaciones en los parámetros eruptivos relacionados con la falla de Queréndaro-Indaparaepe. El análisis de componentes se realizó microscópicamente con un microscopio estereoscópico. Se encontró que muchas de las vesículas observadas se encuentran cortadas por fracturas curviplanas, probablemente como resultado de la fragmentación hidrovolcánica del magma. Se encontraron partículas en forma de reticulitas que son como una red abierta de barras de vidrio triangular en forma de celosía, formada por la vesiculación extrema de basalto rico en volátiles y de baja viscosidad en la fuente de lava. Se deduce que algunas de las partículas vesiculares fueron producidas por una erupción de tipo estromboliana, durante la cual el agua no tuvo acceso a la ventilación.

Sesión especial

**CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA  
DE YACIMIENTOS PETROLEROS  
Y SUS IMPLICACIONES EN  
LA TOMA DE DECISIONES**

Organizadores:

María Magdalena Montiel López  
Erick Osorio Santiago

SE01-1

## ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DE MODELOS DE VELOCIDADES PARA EL CÁLCULO VOLUMÉTRICO EN YACIMIENTOS

Carmen Avila Luis Fernando<sup>1</sup>, Rodríguez León Yuriri<sup>2</sup> y Villalobos Luévanos Ernesto Jesús<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, IPN  
<sup>2</sup>Schlumberger  
 luishuman@hotmail.com

Al estimar el volumen original a condiciones de yacimiento es importante comprender y cuantificar la incertidumbre en un modelo estático. Esto permite estimar la variación de los datos involucrados y conocer que tanto se alejan de los valores pronosticados. La variación de los modelos de conversión tiempo-profundidad, representa más del 50% de la incertidumbre del volumen bruto de roca involucrado en la fórmula de cálculo volumétrico, que afecta tanto a los horizontes como a las fallas (Geophysics, Vol.67, 2002). La incertidumbre de la interpretación estructural depende principalmente de la complejidad del yacimiento, así como de la adquisición, procesado y resolución de la sísmica, al igual de la densidad de los datos de pozo y correlación tiempo-profundidad. El objetivo de este trabajo se centra en el análisis de riesgos que se presentan en los modelos de velocidades. La importancia de realizar este tipo de estudios es determinar, como antes fue mencionado, la variabilidad del volumen bruto, modificando el modelo de velocidades, afectando tanto su cima como su base y manteniendo constantes las propiedades petrofísicas. Para llevar a cabo el proyecto, se establece, mediante la interpretación sísmica en tiempo, un modelo estructural, seguido por la construcción del modelo de velocidades a partir de velocidades interválidas y/o RMS, ajustado al pozo. Posteriormente, por medio de un flujo de trabajo, se modifica el modelo de velocidades, variando en cada caso la estructura del yacimiento para obtener diferentes iteraciones de casos de volumen original, obteniendo una distribución de resultados, identificando el caso pesimista (P10), base (P50) y optimista (P90), midiendo el riesgo que se tiene al tomar un valor de volumen original de hidrocarburo.

SE01-2

## MODELO ESTÁTICO DE UN YACIMIENTO ARENO ARCILLOSO CON BASE EN ELECTROFACIES Y MULTI ATRIBUTOS SÍSMICOS

Hernández Alpírez Hector y Osorio Santiago Erick  
 Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, ESIA Ticomán  
 hectoalpírez55@gmail.com

Como elemento principal de este proyecto se implementará una metodología propuesta para la construcción del Modelo Estático de un Yacimiento de aceite mediante la integración de dos componentes clave: Electrofacies definidas a partir del análisis e interpretación de Registros Geofísicos de Pozo, y Multi Atributos Sísmicos resultado de la Interpretación Sísmica Estructural y Estratigráfica. El modo de correlacionar e integrar ambos elementos es mediante el empleo de una Red Neuronal, de tal forma que obtendremos una tendencia modelada verticalmente por las Electrofacies y espacialmente por los Atributos Sísmicos. Esta tendencia será entonces el modelo de heterogeneidad del depósito de sedimentos, el cual será empleado, en conjunto con las facies definidas en la Evaluación Petrofísica y con base en la definición de Electrofacies y Sismofacies, para propagar las Facies Sedimentarias características del Ambiente de Depósito Deltaico mediante el empleo de cokriging, para que así nuestro modelo de yacimiento refleje de manera óptima el régimen tectónico y sedimentario característico de la zona de estudio logrando un balance entre sus componentes estocásticas y determinísticas. Las Propiedades Petrofísicas entonces serán distribuidas tomando como condición espacial al modelo de facies mediante Simulación Secuencial Gaussiana. Después se calculará el Volumen Total de Recurso distinguiendo entre el Volumen Original de Hidrocarburos y el Recurso Prospectivo, de modo que obtengamos un resultado mucho más conservador. El resultado final será el Modelo Estático de un Yacimiento de Arenas Arcillosas del terciario el cual fungirá como una poderosa herramienta para el diseño de Estrategias de Desarrollo del campo en cuestión basada en propuestas de nuevos pozos, y además, será empleado para evaluar los posibles riesgos enfrentados durante la perforación ligados a los elementos y procesos del Sistema Petrolero y a su distribución espacial. De esta manera será posible establecer un grado de confiabilidad para cada elemento de riesgo con base en las técnicas implementadas para la mitigación de este, las cuales son básicamente los procedimientos llevados a cabo para la definición del Modelo Estático.

SE01-3

## INTERPRETACIÓN SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA UN YACIMIENTO DE CARBONATOS DEL JURÁSICO SUPERIOR KIMMERIDGIANO

Rocha Carrillo José Alberto y Montiel Lopez María Magdalena  
 Instituto Politécnico Nacional, IPN  
 joserochacarrillo@gmail.com

La interpretación sísmica es de muchísima importancia en la caracterización estática, debido a que en este proceso se determina el área del yacimiento, dicha

área es el factor más sensible en la estimación probabilística de volumen original de hidrocarburos. La interpretación sísmica también es una herramienta importante para inferir la migración de hidrocarburos desde la roca generadora hasta la roca almacén. La metodología empleada para la interpretación sísmica tiene el fin de describir las estructuras geológicas existentes donde pudiera estar el hidrocarburo. El primer paso en la metodología es la recopilación de información, que consiste en el cubo sísmico, el contexto geológico, tectónico, sedimentario y petrográfico regional, checkshots, curvas t-z, información de ingeniería de yacimientos de algún campo análogo de producción cercano. Es importante contar con la mayor información disponible para incrementar la interpretación, y disminuir la incertidumbre. El siguiente paso es efectuar la interpretación de horizontes productores (si hay más de una formación productora) y se interpretan las fallas, para identificar, y configurar las estructuras de interés con base en el contexto geológico regional, para proponer una solución al modelo, en el caso de la interpretación para áreas de exploración es crucial determinar correctamente un adecuado análogo geológico. Los parámetros por considerarse para la elección de un correcto análogo geológico es la cercanía con el campo en exploración, que la geología estructural regional obedezca similares patrones y estilos estructurales, y por supuesto, que correspondan al mismo play. Es importante que los espesores determinados mediante la interpretación de horizontes no tengan variaciones bruscas, para ello se comparan con el modelo de deposición y el ambiente sedimentario. También se debe realizar el modelado de fallas, previamente interpretadas. Posterior a esto, se hace el control de calidad, aquí se revisa, que el modelado de fallas sea correcto; con el fin de corroborar, que la interpretación estructural sea congruente con el contexto geológico estructural. Una vez concluido esto se puede continuar con la configuración estructural, consistente en modelar en un mapa de contornos, con base en lo obtenido en la interpretación, incorporando el modelado de fallas previo. Una vez conseguido esto, se procede a hacer una conversión de tiempo a profundidad. Esto es con base a un modelo de velocidades de intervalo. Por último, se realiza la configuración Estructural en profundidad con base en los valores resultantes del modelo de velocidades. Se implementó esta metodología para un yacimiento del Jurásico Superior Kimmeridgiano, definiéndose como estructura principal un anticlinal con rumbo W-E, que está flanqueado por un sistema de fallas inversas con rumbo W-E, NE-SW, así como una falla normal con rumbo NW-SE.

SE01-4

## CÁLCULO DETERMINÍSTICO Y PROBABILÍSTICO DE VOLUMEN DE HIDROCARBUROS DE UN CAMPO A DESARROLLAR

Rodríguez Yuriri y González Itzamná  
 Schlumberger, SLB  
 yleone2@slb.com

El cálculo de volumen de hidrocarburos puede realizarse con dos métodos, el determinístico y el estocástico. El primero, consiste en usar una versión de las propiedades consideradas en el cálculo. En el segundo, se definen funciones de probabilidad de estas mismas propiedades para generar una cierta cantidad de casos, por medio del método de Montecarlo, que nos permita ver el rango, y a su vez el riesgo, en el que varían los volúmenes si las propiedades cambian, a partir de un caso base. Este trabajo, tiene como objetivo mostrar con un ejemplo de un campo en desarrollo de la zona marina, cómo se aplican estos métodos, partiendo de dos escenarios, en el primero únicamente contando con valores promedio de los parámetros para el cálculo; en el segundo partiendo de un modelo de celdas. Para el método probabilístico, mostramos la definición de cada función de probabilidad, el número de iteraciones adecuada, los controles de calidad aplicados y las consideraciones que se deben de tomar en cuenta para obtener un análisis apropiado. Los resultados fueron analizados y comparados, mostrando los histogramas, los percentiles 10, 50 y 90, al igual que la variación de cada variable involucrada en el análisis.

SE01-5

## ATRIBUTOS SÍSMICOS Y SU APLICACIÓN EN MÉXICO Y EL MUNDO

Martín Quijano Jorge Ángel<sup>1</sup>, Osorio Santiago Erick<sup>2</sup> y Castillo Batista José Félix<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>PEMEX  
<sup>3</sup>Lukoil  
 jorge.a.martin97@gmail.com

La sísmica como método de prospección es ampliamente utilizada en la industria petrolera como una manera relativamente económica de conocer la configuración estructural y aproximar la litología de grandes extensiones del subsuelo, permitiendo identificar así estructuras favorables para la acumulación de hidrocarburo y secuencias litológicas que conformen los distintos elementos de un sistema petrolero. En la sísmica de reflexión la incertidumbre es un problema recurrente, ya que en cada paso hay un margen de error considerable: durante la adquisición la elección de la fuente es crucial, ya que su magnitud y contenido de frecuencias van a afectar la profundidad alcanzada y el signal to noise ratio, afectando así la calidad de los datos; igualmente, durante el procesamiento se deben realizar varias suposiciones, que si bien no siempre corresponden con la realidad, resultan en una aproximación suficientemente fiel de la geología del subsuelo. En el trabajo

propuesto se planea interpretar un cubo sísmico para identificar las estructuras presentes, utilizando el software Petrel. Esta región se utiliza frecuentemente para realizar modelos de práctica debido a su estilo estructural simple. Posteriormente, se realizará un cálculo de atributos sísmicos para identificar litologías favorables para la acumulación, para poder así concluir qué áreas representan prospectos potenciales. El uso de atributos sísmicos ha adquirido gran popularidad en los últimos años, ya que extraen información oculta en la geometría de la onda, el humano no es capaz de detectar en la traza. Existen más de 70 atributos, algunos bastante simples que extraen la amplitud o la frecuencia, y otros más elaborados que realizan un análisis de traza compleja. Debido a la utilidad de estas herramientas, y a la importancia que tienen en el desarrollo del país, el objetivo del trabajo propuesto es utilizarlas en un cubo real, pero analizando la base teórica, el desarrollo matemático y su interpretación física, ya que el objetivo principal no es analizar el cubo (que sólo servirá como ejemplo), sino la correcta aplicación de los atributos a cualquier cubo.

SE01-6

## ATRIBUTOS SÍSMICOS APLICADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO MARINO

Piña González Karina Daffné  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
daffne.pina@gmail.com

Este trabajo muestra datos adquiridos con sísmica de reflexión en aguas someras del Golfo de México para determinar la morfología del fondo marino y estratos someros de hasta 130 m de profundidad. El objetivo es localizar el sitio más propicio para la cimentación y construcción de estructuras marinas. El levantamiento geofísico se realizó en la Sonda de Campeche con una Ecosonda Multihaz (MBES), Sonar de Barrido Lateral (SSS), Perfil Somero (SBP) y un perfilador Profundo (Sísmica "D), con offset de 30.1 m, 5 m, 30.1 m y 6 m respectivamente. Se abarca una superficie cuadrada de 2.1 km por lado y hasta los primeros 1000 metros bajo el fondo marino, mediante una retícula de 15 líneas paralelas equidistantes a 150 m y 5 líneas equidistantes perpendiculares a las anteriores a cada 525 m, recorriendo aproximadamente 50 km lineales. Los datos de sísmica de reflexión fueron preprocesados y procesados hasta obtener secciones migradas normales y con ganancia automática. Se aplican atributos estratigráficos, estructurales y complejos a las secciones sísmicas tales como: Coseno de fase, Impedancia acústica relativa, Fase Instantánea, Ganancia de tiempo, Chaos, Frecuencia Instantánea, Gradiente de Traza y Suavizamiento Estructural para evaluar los riesgos y rasgos geológicos como estratificación, fallas geológicas, litología, formaciones, emanaciones y bolsas de gas, socavones, deslizamientos marinos, erosión, estructuras artificiales, paleocanales o arrecifes enterrados. Se comienza determinando los horizontes con ayuda de los atributos Fase Instantánea y Gradiente de Traza, para posteriormente determinar los rasgos estructurales de fallas y fracturas con Amplitud Original, Coseno de Fase, Frecuencia Instantánea y Suavizamiento Estructural; los cuerpos de intrusión salinos, migración de gas o arrecifes se observan con el atributo Chaos, mientras que las bolsas y emanaciones de gas se observan con los atributos Impedancia Acústica Relativa y Ganancia de Tiempo. Estos resultados fueron confrontados con pruebas de núcleo, lo que nos permite proponer sitios para la colocación de pilotes. Una vez con las anomalías identificadas, se conforman mapas de rasgos y riesgos geológicos que muestran las variables geológicas tales como: fallas, discontinuidades y bolsas de gas Finalmente, considera que este estudio permite llegar a la toma de decisiones para ubicar y reubicar a un sitio más apropiado para los pozos exploratorios o productores.

SE01-7

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PROPIEDADES PETROFÍSICAS

Huerta Rosales Lizbeth<sup>1</sup> y Osorio Santiago Erick<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>Petróleos Mexicanos  
huertarosalesliz@gmail.com

La caracterización de los yacimientos de hidrocarburos resulta de gran importancia para la industria petrolera debido a que a partir de los conocimientos que se tenga de ellos se pueden tomar importantes decisiones de producción. La generación del modelo geostadístico resulta de gran ayuda para poder así definir el lugar con las condiciones favorables para la perforación de un pozo. El presente trabajo hace referencia a la generación de modelos que permitan conocer y determinar la distribución espacial de las principales propiedades petrofísicas existentes en los yacimientos petroleros como lo son la porosidad, permeabilidad y saturación. Una de las principales herramientas utilizadas en este trabajo es la geostatística, ya que a partir de esta se puede analizar y predecir la distribución espacial de fenómenos georreferenciados, en este caso las propiedades petrofísicas. La simulación de estas propiedades fue hecha con la ayuda del software S-GEMS.

SE01-8

## APLICACIÓN DE LOS MODELOS GEOESTADÍSTICOS EN LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS

García Guerrero Diana Isabel<sup>1</sup> y Osorio Santiago Erick<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>PEMEX  
igg18isa@gmail.com

Las propiedades petrofísicas son datos que en la industria petrolera nos ayudan a poder determinar el comportamiento de los fluidos que se encuentran en un yacimiento, la ubicación espacial de zonas explotables, la capacidad y distribución de almacenamiento de dichas zonas así como la estimación del volumen original de hidrocarburos. La generación de un modelo es lo que se presenta en el siguiente trabajo eso con el objetivo de caracterizar el yacimiento y obtener un volumen original. Para la estimación de dichas propiedades como son porosidad, saturación y volumen de arcilla, utilizamos el programa geostatístico SGemS que contribuye a la caracterización estática de yacimientos en la que se utilizan procedimientos de estimación o simulación estática para poder describir o caracterizar eventos, esta describe la continuidad de cualquier fenómeno natural.

SE01-9

## EVALUACIÓN PETROFÍSICA AVANZADA Y ANÁLISIS DE TIPO DE ROCA EN UN YACIMIENTO NATURALMENTE FRACTURADO

Montiel Lopez María Magdalena  
Instituto Politécnico Nacional, IPN  
magdapf194@gmail.com

Una evaluación petrofísica permite una aproximación para caracterizar el yacimiento, a través de los años se han perfeccionado técnicas que permiten describir con detalle el sistema roca-poros-fluido, considerando la heterogeneidad (complejidad) del yacimiento y los sistemas porosos que se pueden presentar. En este trabajo se presenta la caracterización de un yacimiento carbonatado y fracturado a partir de los pozos disponibles, comenzando con la evaluación básica que permita llegar al análisis del tipo de roca presente en el campo, mediante el análisis del factor R35, así como las gráficas de Winland y Lucia; considerando además un modelo de doble porosidad que permita la discretización de los distintos medios porosos. Al concluir la evaluación se realiza una correlación estratigráfica que permita identificar los intervalos con mejores condiciones para ser disparados, esto con el objetivo de reducir riesgos desde la parte de subsuelo durante la perforación.

SE01-10

## EVALUACIÓN PETROFÍSICA DE UN YACIMIENTO ARENO ARCILLOSO

Álvarez López Gerardo<sup>1</sup> y Osorio Santiago Erick<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>PEMEX  
gerardoalvarez0230@gmail.com

Para conocer el potencial de hidrocarburos presente en un yacimiento es necesario la aplicación de diferentes disciplinas. Una de ellas es la petrofísica, que permite la caracterización del yacimiento a un nivel estático, la cual determina las propiedades físicas de las rocas, los tipos de fluidos presentes en el yacimiento y la interacción roca-poros-fluido. Principalmente su mineralogía, porosidad, permeabilidad, tamaño de grano, tamaño de poro y saturación de fluidos. Los registros geofísicos son de gran importancia dado que el análisis y la correcta interpretación de estos, define la calidad de la roca, el tipo y los límites del yacimiento, y las zonas de disparo, que son datos fundamentales para la correcta explotación de un campo petrolero. El presente trabajo tiene como finalidad la caracterización petrofísica donde se obtendrán propiedades como; saturación de agua (Sw), permeabilidad (K), porosidad (#), tipo de roca y valores de corte, con el objetivo de identificar las arenas potenciales de un yacimiento al sureste de México.

SE01-11

## ANÁLISIS DE LA GUÍA PRMS (PETROLEUM RESOURCES MANAGEMENT SYSTEMS, 2018) PARA HIDROCARBUROS: CASO HIPOTÉTICO

Chaltell Romero Martin Jair y Osorio Santiago Erick  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
jair\_0307@hotmail.com

En los últimos años, México ha dependido sustancialmente de los Recursos Petroleros, por tal motivo la clasificación de sus reservas es elemental para el enriquecimiento de sus propuestas de proyectos a desarrollar. La guía Sistema de Gestión de Recursos Petroleros (PRMS por sus siglas en inglés Petroleum Resources Management System - 2018) se creó con el objetivo de proporcionar

clasificaciones, principios y definiciones de las reservas y recursos de hidrocarburos, para que los operadores petroleros, los gobiernos mundiales y reguladores se adapten a un sistema internacional que satisfaga necesidades particulares. En este trabajo será empleada para clasificación de los recursos y reservas a partir de un modelo hipotético, que sirva como guía para quienes lo requieran tanto, para empresas, así como a particulares, tomando en cuenta distintos parámetros para su cuantificación tales como procesos exploratorios geofísicos que se requieren para el cálculo de las reservas. La mayoría del trabajo estará soportado por la guía PRMS 2018 que son normas reguladoras de categorización de reservas petroleras y que se hizo con la finalidad de tener un lenguaje universal en la industria de hidrocarburos. Se estará usando métodos y bases teóricas de empresas que están dedicadas a la exploración para obtener información de parámetros físicos que son los requeridos para cálculo de reservas tales como datos petrofísicos, económicos, sísmicos, por ende, será base tanto de la metodología en la parte experimental, teórica y metodológica para los cálculos estadísticos de reservas que se obtienen a partir de parámetros petrofísicos, geológicos, económicos, etc. y que estas últimas son necesarias para la categorización. También, se estará utilizando fuentes de investigación publicados en Ciencias de la Tierra para buen fundamento de los términos generales que se utilizarán, tales como términos técnicos geofísicos, geológicos y económicos, apoyo en papers tales como "Análisis de Información de las Reservas de Hidrocarburos de México al 1 de enero del 2012" emitido por CNH (Comisión Nacional de Hidrocarburos) así como también "Yacimientos Petroleros" documento oficial del Servicio Geológico Mexicano. Para finalizar, se estará trabajando bajo normas y leyes nacionales que regulan el mercado petrolero, tales como la Ley nacional de Hidrocarburos y los lineamientos puestos por Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) así como recomendaciones de reguladoras como lo son la Secretaría de Energía (SENER), para un enriquecimiento de las áreas contractuales y su futura consideración como reservas nacionales.

SE01-12

### PDEH EXTRACCIÓN, PROCESOS Y ACTORES

Osorio Erick<sup>1</sup> y Robles Martínez Ricardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, ESIA-Ticomán  
<sup>2</sup>BUAP  
 ing.eosorio@outlook.com

Los PDEH son una parte fundamental del proceso de upstream, basados siempre en las reservas de hidrocarburos, con el objetivo de maximizar el factor de recuperación, bajo el menor riesgo posible y la mejor rentabilidad. Se va a presentar el procesos de los PDEH, así como los lineamientos de los diferentes órganos reguladores.

SE01-13 CARTEL

### INTERPRETACIÓN SÍSMICA-ESTRUCTURAL DE UN CUBO SÍSMICO DEL MAR DEL NORTE

Sánchez García Dulce Valeria y Osorio Santiago Erick  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
 dulce16666@gmail.com

En la industria del petróleo hubo importantes descubrimientos de hidrocarburos durante el siglo XX, el Mar del Norte fue uno de ellos en 1969. Esta región ha tenido caídas en el número de perforaciones desde el año 2017 reduciéndose un 45%, actualmente se han descubierto nuevas zonas de interés con grandes proyecciones para los siguientes años. Las grandes cuencas sedimentarias del planeta se ubican junto a las grandes entidades estructurales o sistemas montañosos, y fundamentalmente en vastos cratones, sin embargo, solo algunas de ellas han tenido las condiciones geológicas para generar y preservar yacimientos de hidrocarburos. La provincia del Mar del Norte se compone de varias cuencas sedimentarias de edad geológica que va del Devónico al Cenozoico caracterizándose por cuencas carboníferas y pérmicas, con una gran variedad de trampas petroleras de tipo estructural, cuyas rocas sello son de extensión regional y de composición evaporítica y arcillosa. En el presente trabajo se muestran los resultados del análisis e interpretación de un cubo sísmico de la región del Mar del Norte, con el fin de obtener información de esta zona de estudio, así como también buscar zonas prospectivas a partir del análisis estructural-estratigráfico. Los datos fueron procesados con el software Petrel 2015, utilizando una ventana 3D donde se visualizaron y localizaron fallas además se hizo una interpretación de datos para determinar las estructuras que predominan en el área.

SE01-14 CARTEL

### EVALUACIÓN PETROFÍSICA DE UN YACIMIENTO DE ROCAS CARBONATADAS

Caro Montero Ivan Andres<sup>1</sup> y Osorio Santiago Erick<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>BUAP  
<sup>2</sup>PEMEX  
 ivancaro11@hotmail.com

La evaluación petrofísica de las formaciones constituye un aspecto de gran importancia para la extracción de hidrocarburos, tiene como finalidad identificar los parámetros físicos que permitan tener conocimiento de las propiedades de las

rocas como la porosidad, la permeabilidad, el volumen de arcilla, saturación de fluidos y definir la litología predominante. El siguiente trabajo tiene como objetivo principal determinar las zonas de interés para la explotación de hidrocarburos en un pozo ubicado en un yacimiento de rocas carbonatadas, realizando una evaluación petrofísica gracias a los datos obtenidos mediante los registros geofísicos. La metodología por seguir es una descripción breve de los registros geofísicos utilizados, se continúa con una descripción geológica del yacimiento en el que se encuentra ubicado el pozo. Posteriormente se realiza una cuantificación de las propiedades físicas mencionadas anteriormente, con el fin de visualizar zonas de interés petrolero, las cuales deben presentar una alta porosidad (#) y permeabilidad (K), una baja saturación de agua (Sw) y un bajo contenido de arcilla. Finalmente, con estos resultados se procede a definir las zonas de disparo, el tipo de yacimiento y la calidad de la roca.

SE01-15 CARTEL

### VALORES DE CORTE, METODOLOGÍAS Y ANÁLISIS PROBABILÍSTICO

Osorio Erick<sup>1</sup> y Robles Martínez Ricardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, ESIA-Ticomán  
<sup>2</sup>BUAP  
 ing.eosorio@outlook.com

En el cálculo de volumen original, el espesor neto y las propiedades petrofísicas son de gran importancia, ya que son variables sensibles en la estimación de recursos. Cuando se tienen un proceso de delimitación, la determinación de los valores de corte influyen en la toma de decisiones en el programa de evaluación. El presente trabajo mostrará los diferentes métodos para la estimación de estos valores, y un análisis probabilístico de estos, ejemplificando el impacto en un pozo exploratorio en un yacimiento carbonatado y su plan de evaluación.

Sesión especial

# **4TO SEMINARIO IBEROAMERICANO DE GEOCIENCIAS FORENSES**

Organizadores:

Ana Caccavari Garza  
Carlos Martín Molina Gallego  
Laurance Donnely  
Fabio Salvador

SE02-1

## LA MICOLOGÍA EN LAS CIENCIAS FORENSES

Tranchida María Cecilia

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, CONICET-FCNYM UNLP  
ctranchida@conicet.gov.ar

Hasta hace muy poco tiempo, el uso de la Micología como evidencia en casos criminales y su empleo como prueba ante la justicia estaban restringidos a casos relacionados con especies venenosas o psicotrópicas. Sin embargo, durante los últimos años se han registrado en la bibliografía algunas situaciones en las cuales la presencia de los hongos ha sido tenida en cuenta como prueba válida ante el sistema judicial. El término Micología Forense es relativamente nuevo y hace referencia al empleo de los hongos como evidencia para la resolución de casos con intervención judicial. El objetivo principal de esta rama de la biología forense es datar intervalos post-mortem y post-entierro a partir de la biota fúngica hallada en la superficie de un cuerpo o en el entorno relacionado a un entierro clandestino. La Micología Forense como línea de investigación en la Argentina se inicia en el año 2012, por un reducido grupo interdisciplinario de profesionales, en el marco de las investigaciones desarrolladas en el Instituto de Botánica Carlos Spegazzini de la Universidad Nacional de La Plata junto al CONICET. Los avances en la línea son lentos, encontrando como principal barrera la relación entre la ciencia y la Justicia del país, pero sin embargo estos avances resultan sólidos debido al esfuerzo de los investigadores intervinientes y la colaboración de investigadores de otras partes del mundo. En el marco de esta investigación, se han realizado estudios de hongos de suelos relacionados a cadáveres, y de biota fúngica obtenida a partir de cuerpos en diferentes estados de descomposición incluyendo cuerpos momificados de la región central de la Argentina. Se espera que el esfuerzo interdisciplinario de profesionales de diferentes países abocados al estudio de la descomposición cadavérica y su entorno relacionado dé como resultado una nueva y sólida herramienta forense con protocolos adecuados de procedimiento para que los hongos sean una evidencia más en la escena del crimen a la hora de resolver casos complejos.

SE02-2

## SOIL FORENSICS: FROM THE CRIME SCENE EXAMINATION TO THE LABORATORY ANALYSIS

Di Maggio Rosa Maria<sup>1</sup> y Dawson Lorna A.<sup>2</sup><sup>1</sup>Geoscienze Forensi Italia ®<sup>2</sup>James Hutton Institute

diaggio@geologiaforense.com

Regardless of what type of crimes (against people, environment, cultural heritage, etc.) or their narratives forensic geologists are involved with, they need to carry out a fundamental approach: to study, to recognise, to analyse, and to interpret the geographical, physical and geological features of the environment where the crime had taken place. Forensic geologists have to be able to search and to collect suitable information from the environment in order to put samples in the specific criminal context and also in its dynamic context through time. The judicial site survey and the soil sampling are some of the most sensitive activities that forensic geologists can carry out during criminal inquiries. During these stages, the probative validity of soil evidence could depend on: (i) the way the samples were gathered and preserved; (ii) all of the activities carried out from the seizure, preservation of items, to the recovery of soil from questioned items; (iii) undervaluing of the potential of soil analyses during the first stage of investigation and lack of knowledge of the requirements for their correct application. For these reasons, the optimal judicial site survey and gathering of soil samples are possible when those who perform the collection of evidence are highly specialized and trained in forensic geological techniques, and are appropriately informed about the crime, so that they are aware of what, where and how best to collect soil evidence in relation to the crime involved. Although a standard universally accepted procedure is not yet established for forensic geology and soil science, forensic laboratories specialized in soil analysis should implement their procedures based on a logical analytical sequence and the optimization of techniques to get the best results for the case context under investigation. Results should be as representative of the specific characteristic of the examined samples. In general, all procedures include preliminary analytical techniques that provide general guidance on the characteristics of the soil sample, and detailed analytical phases (the choice of which varies according to the particular characteristics of the particles of the substances and materials in the soil and the information that can be obtained as well as available techniques and soil types) that can give more detailed information on the individual particles that the questioned sample is composed of. The optimum progression of the analytical techniques depends on a number of factors such as the amount of available sample and the results obtained in the earliest analytical steps. In this context, the results of the preliminary examinations suggest the most appropriate analysis to be performed in the subsequent procedural steps. After the presentation, a 1 hour training session will be held with the aim of demonstrating how Forensic geoscience crime scene investigation is carried out, soil collection is performed and an examination of a questioned item by forensic soil experts will be demonstrated.

SE02-3

## OBTAINING INTELLIGENCE FROM FORENSIC SOIL SAMPLES: CASE HISTORIES

Palenik Skip  
Microtrace LLC  
spalenik@microtrace.com

The mineral, chemical, botanical and anthropogenic components of soils can provide a great amount of useful information regarding the location from which an unknown soil specimen has originated, when these fractions are separated from each other, concentrated and analyzed using appropriate techniques. It is possible to perform these operations on the very small samples available in both forensic investigations and intelligence collection. This data can and has been used to describe the physical appearance of an unknown site, locate the position from which the soil originated and be compared to potential or suspected locations. This presentation will briefly describe the nature of these methods and then illustrate them with case work examples from the author's experience in the practice of forensic science.

SE02-4

## FORENSIC SOIL SCIENCE EXCHANGE - SCOTLAND AND BRAZIL: SHARING KNOWLEDGE AND EXPERIENCE

Dawson Lorna A.<sup>1</sup>, Testoni Samara<sup>2</sup>, Melo Vander<sup>2</sup> y Salvador Fábio<sup>3</sup><sup>1</sup>The James Hutton Institute, Scotland, UK<sup>2</sup>Federal University of Paraná, Curitiba, Brazil<sup>3</sup>Polícia Federal

lorna.dawson@hutton.ac.uk

The IUGS IFG has enabled many linkages between nations across the world, including the UK and South America. A collaboration has been established related to forensic soil science between Brazil and Scotland. Brazil is a country which has been developing that area of research from 2008 to today, through a relatively small group of soil scientists and police practitioners (including authors FS, ST and VM). The creation of a set of guidelines for soil sampling at crime scenes, produced by the Federal University of Paraná and Federal Police of Brazil, was presented and well received at the XXIV National Congress of Criminalistics in Brazil, 2017, and represented a great advancement in forensic soil research in Brazil. Several techniques have been tested and applied, focussing initially on the inorganic soil fraction, under mineralogical, elemental and physical studies. In addition, in 2018, through a PhD work experience from Brazil to Scotland, one of the authors (ST) gained experience, knowledge of examination and recovery of traces, analysis of the organic soil component, and experience in the evaluation and interpretation of geo forensic data. The opportunity of sharing advances in forensic soil science from crime scene to court is of great advantage and brings many possibilities regarding developments in soil sampling and analyses, as well as interpretation and presentation of the data. Ongoing work is testing which the efficiency of the different methods to discriminate locations and to ascribe the correct location to questioned soil traces in Brazilian soils. Results obtained forms a contextual database and development of a Brazilian soil forensic database for use in forensic soil comparisons can also provide useful information which can assist police search investigations and provide valuable contextual information aiding the evidential assessment of soil evidence when used in court. Examples of results of case work from both Brazil and the UK will be discussed, showing the great value in collaboration and cooperation, particularly at the international level in sharing good practice.

SE02-5

## WHAT HAPPENS AFTER DEATH? TAPHONOMY OF HUMAN DECOMPOSITION AND THE ROLE OF 'BODY FARMS'

Forbes Shari  
Université du Québec à Trois-Rivières, UQTR  
shari.forbes@uqtr.ca

Taphonomy is the study of the processes that impact an organism from the time of death to the time of recovery. Research in the field of forensic taphonomy aims to understand the physical, chemical, and biological processes of soft and hard tissue decomposition. Decomposition is inherently impacted by the surrounding environment including, the climate, geology and ecology. Until recently, the only facilities that conducted human decomposition research were based in the continental USA and much of their data could not be extrapolated to other parts of the world due to different environmental variables. A greater understanding of the decomposition process is necessary to assist police and forensic investigators search for, locate, recover, and identify victim remains. However, where environmental conditions vary, accurate advice may not be possible. This presentation will contrast the opening of two taphonomy facilities in distinctly different environments, namely Australia and Canada, and highlight the challenges of each. One of the unknown concerns at these outdoor laboratories is the potential for environmental contamination to soil, groundwater and air. Ongoing research at both taphonomic facilities intends to assess these concerns and provide guidelines for establishing future sites on a global scale. The presentation will provide an overview of the need for these facilities elsewhere in the world, the research and training

being conducted, as well as examples of how they benefit the scientific and law enforcement community.

SE02-6

## DESCOMPOSICIÓN EN CUERPOS ENTERRADOS Y MÉTODOS PARA SU LOCALIZACIÓN

Fortuna-Murillo María<sup>1</sup>, Quiroz-Suárez Diego<sup>2</sup>, Quinto-Sánchez Mirsha<sup>1</sup>, Caccavari Garza Ana<sup>3</sup> y Cifuentes Nava Gerardo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Antropología y Odontología Forense, Licenciatura en Ciencia Forense, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

fortunamurillo@gmail.com

Se presenta el estudio experimental de entierros controladas con modelos humanos, dirigido por el Laboratorio de Antropología y Odontología Forense de la Licenciatura en Ciencia Forense de la Facultad de Medicina y el Instituto de Geofísica de la UNAM. Los cuerpos inhumados en fosas individuales, donados por el Departamento de Anfiteatro de la Facultad de Medicina de la UNAM, previo registro de variables endógenas, se someterán a diferentes condiciones de profundidad y se exhumarán en distintos intervalos de tiempo para su evaluación tafonómica forense. Por otro lado, se aplicarán métodos geofísicos de exploración con la intención de monitorear y caracterizar los cambios del subsuelo generados por dichos enterramientos. Investigaciones similares a la propuesta se vienen realizando desde la década de los 80's en EEUU y en años recientes se ha implementado en Australia, Europa o Canadá. El presente proyecto comprende una investigación innovadora en el contexto de la ciencia forense en México, que arrojará información y guía en el análisis y localización de cuerpos inhumados en fosas. Conocer la ecología de descomposición de cadáveres, proceso vinculado estrictamente al medio en el que ocurre e influenciado por factores extrínsecos e intrínsecos y la interacción entre ambos. Un modelo uniforme de descomposición apto para todos los restos y todas las condiciones ambientales no existe, por ello el conocimiento de los procesos tafonómicos en un ambiente local resulta crucial.

SE02-7

## THE GEOFORENSIC SEARCH STRATEGY (GSS): AN INTEGRATED GEOLOGICAL A POLICE SEARCH METHOD TO LOCATE BURIALS FOR HOMICIDE GRAVES AND CONTRBAND ASSOCIATED WITH COUNTER TERRORISM AND SERIOUS AND ORGANISED CRIME

Donnelly Laurance

IUGS Initiative on Forensic Geology, IUGS-IFG  
geologist@hotmail.co.uk

The Geoforensic Search Strategy (GSS) developed over a period of 25 years during the search for a homicide grave in remote location in England. GSS brought together fundamental mineral exploration and engineering geology ground investigation methods combined with police search strategies and tactics resulting in a blended approach. From a geological perspective the GSS was based on the production of a Conceptual Geological Model (CGM), and the collation and evaluation of exiting geological data and information, supplemented by a reconnaissance walk over inspection of the search area. This incorporated an understanding of the geomorphology, hydrogeology and enabled the logistical and practicable aspects of the search to be determined. The CGM provided a preliminary assessment of the diggability of the ground, detectability of the target and the choice of search assets likely to locate the grave or buried item, such as forensic geophysics or remote sensing. From a police and law enforcement perspective, the GSS became further enhanced following the considerations of; behavioural profiling, victimology assessments, the deployment of detector dogs and strategic planning. GSS provides a High Assurance Search (HAS) for an offensive (detective) or protective (defensive) search to locate or verify the absence of a desired buried target. The objective of this paper is to provide an overview of the history of search and explain the development and evolution of GSS illustrated by case operational case examples. Furthermore, the results of experimental and future potential search methods are provided, such as the detection of leachate and volatile organic compounds, which may potentially be associated with human decomposition to assist with open areas searches.

SE02-8

## FROM MACRO TO MICRO: FORENSIC GEOSCIENTISTS AT CRIME SCENES

Barone Pier Matteo<sup>1</sup>, Ruffell Alastair<sup>2</sup> y Donnelly Laurance<sup>3</sup>

<sup>1</sup>American University of Rome, AUR

<sup>2</sup>Queens University Belfast, Department of Geography & Archaeology,  
School of the Natural, Built Environment, Northern Ireland

<sup>3</sup>International Union of Geological Sciences (IUGS), Initiative on Forensic Geology (IFG)  
p.barone@aur.edu

As expert witnesses, forensic geoscientists can greatly aid and assist judges and juries by explaining technical matters in easily comprehensible terms. Ideally, this may facilitate the settling of disputes that involves scientific and/or technical

information. This should be no different than settling other disputes between parties. However, not all parties, juries, lawyers and judges are knowledgeable about the issues before them, particularly those that relate to forensic geoscience and geoscientific methods and principles. How can a forensic geoscientific expert clearly and effectively explain and present forensic geological data and results? The presentation of geoscientific evidences in a court must consider the non-expert nature of the judges, prosecutors, attorneys, and juries and avoid unduly influencing them. There is an existential risk to courts from the so-called 'CSI effect'. This international effect suggests that television program and their spin-offs, wildly exaggerate and glorify forensic science, affect the public and courtroom trials either by; (a) hinder the prosecution by creating greater expectations about forensic science than can be delivered or (b) influence the defense by exaggerating the capabilities and reliability of the forensic sciences. For this reason, protocols, standard operating procedures and guidelines are fundamental for a crime scene investigations and ground searches for burials. Although these procedures and best practices are well defined, not all of the stages are always correctly followed and appreciated by practitioners. Moreover, the lack of protocols during investigations in some country is usually evident at the very beginning of an investigation, during the preliminary investigations. The criminal burial of objects (such as human remains, explosives, weapons, drugs, etc.) may be associated with serious and organised crimes and can lead to challenging searches, sometimes over vast areas. These types of geoforensic searches are common. A difficulty of locating hidden buried objects means that a speculative based approach is not appropriate. A phased search approach is recommended and based on the recently developed Geoforensic Search Strategy (GSS). This includes a preliminary forensic geology investigation with focus the production of a conceptual geological model in collaboration with law enforcement. The GSS also recommends the use of airborne methods, such as remote sensing followed by the deployment of ground based search assets such as the use of geophysics. Generally, the GSS search philosophy progresses from the non-invasive to the invasive and from the macro to the micro scale. This provides the basis for the delivery of a High Assurance Search (HAS) with minimal destruction of any forensic evidence.

SE02-9 PLÁTICA INVITADA

## ASPECTOS GEOLÓGICOS Y SUS IMPLICACIONES FORENSES ASOCIADAS CON LA TRAGEDIA DE BRUMADINHO, MINAS GERAIS, BRASIL

Salvador Fábio  
Polícia Federal, PF  
salvador.fass@dpf.gov.br

El 25 de enero de 2019, se derrumbó una presa de relaves de mineral de hierro de la empresa minera VALE en Brumadinho, estado de Minas Gerais, Brasil. El lodo devastó toda el área operativa y administrativa de la compañía minera y avanzó durante unos 9 km hasta el río Paraopebas. Hasta la fecha, se han identificado 243 muertos y 27 desaparecidos, en una de las mayores tragedias ambientales en la historia de Brasil. Teniendo en cuenta sus dimensiones y el alcance de la movilización de profesionales, constituyó una de las principales operaciones policiales de la Policía Federal. El enfoque forense de la tragedia ha analizado las características geológicas y de construcción de represas locales y regionales para identificar causas, encontrar responsabilidad, mitigar impactos y evaluar adecuadamente los daños con fines de remediación ambiental. Fue el segundo desastre ambiental de este tipo en cuatro años, en una región de tradición minera con cientos de otras represas potencialmente devastadoras. El trabajo de la investigación criminal involucró a un equipo de 100 expertos, incluidos geólogos forenses, estructurados para abordar la escena del crimen, estudiar y comprender su dinámica y causas, en la identificación de víctimas de desastres (DVI), imágenes de geoprocuremento, y datos orbitales, ingeniería, geología, geotecnia, impactos ambientales y contaminación. El volumen de residuos manejados fue de doce millones de metros cúbicos; una superficie de doscientas noventa hectáreas fue golpeada por el lodo; Más de 60 hogares se vieron afectados y cincuenta y cinco agencias públicas a nivel federal, estatal y municipal participaron en las acciones de atención inmediata y apoyo a las poblaciones afectadas, que no tiene fecha para cerrar. El análisis de las imágenes de video obtenidas desde el momento de la interrupción, los datos de campo, los mapas geológicos, los datos sismológicos y el monitoreo geotécnico e hidrogeológico del área se están utilizando para la reconstrucción del evento. La presa de la mina Feijão era una elevación aguas arriba, una forma constructiva más barata e inestable. Al darse cuenta de los riesgos tan gravemente, todas las represas de este tipo hoy en día de VALE están siendo descontinuadas, con gastos millonarios para la empresa. Las principales posibilidades que causan la ruptura son la pérdida de la estabilidad de la presa debido a un cambio en las características físicas de los relaves, que se habrían vuelto menos sólidos y más líquidos, un proceso conocido como licuefacción, o la aparición de canales dentro de la estructura. Contención: un reflejo de la característica heterogénea del lodo. Los resultados de los informes de expertos servirán como conclusiones sobre todo el contexto y el alcance de la ocurrencia, sirviendo como herramientas de prueba para la aplicación de la justicia penal y permitiendo nuevas conductas técnicas de construcción y monitoreo. La importancia social del trabajo de los geólogos forenses en el caso se reconoció de inmediato, ya sea en el campo, en la cúspide del suceso, como propicia para la diligencia necesaria para ignorar las consecuencias criminales de la tragedia.

SE02-10

### GEOFRENSIC METHODS FOR COUNTERING FRAUD AND THEFT IN THE MINERALS, METALS AND MINING INDUSTRY

Donnelly Laurance  
IUGS Initiative on Forensic Geology, IUGS-IFG  
geologist@hotmail.co.uk

Modern civilisation could not exist as we know it without mineral resources, which underpin most aspects of our lives. Mining and the minerals produced has generated vast wealth around the world. We have been reliant on mineral resources for several thousands of years. However, mining and the minerals and metals produced has also underpinned criminal activities. These involve illegal armed gangs, cartels and organised syndicates that are also associated with other crimes. The minerals specific crimes may include; criminal and illegal mining, conflict minerals, fakery, scams, theft, substitution and adulteration. The objective of this paper is to provide an overview and appreciation of these types of crimes throughout the world. The methods available to deter, detect and mitigate these risks are also presented. These include for example; the use of international codes and best practise guidance aimed at discouraging crimes and bringing transparency into the mining industry and the management of the minerals supply chain using for example; chain-of-custody, sample management, tracking, tagging, elemental and mineral profiling and the use of covert techniques combined with conventional law enforcement surveillance methods and tactics.

SE02-11

### TOWARDS THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO CLANDESTINE GRAVES DETECTION

Baena Alejandra<sup>1</sup>, Duarte Mario<sup>1</sup>, Parra Ana Maria<sup>1</sup> y Molina Carlos Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Antonio Nariño  
<sup>2</sup>Universidad Antonio Nariño y INML  
alejandra.baena@uan.edu.co

In many Latin American countries, there is a significant number of missing people and some of them have been victims of enforced disappearance. Currently, in Colombia, there are about 80.000 missing people. It is estimated that approximately 24.000 of these are enforced disappearance many of them due to conflict with illegal armed groups. This problem is also present in about 89 countries around the world. Several countries have reported findings of a variety of both individual and mass burials, at different depths and depositional environments. The search for burial sites in Colombia, such as mass and individual graves, in the vast majority of cases, is still undertaken in the traditional methods, which corresponds to take trial excavations and using a steel soil probe in places where eyewitnesses indicate that there could be a grave. Therefore, criminal investigations often have failed and the searching commission teams had no positive findings in more than 90%, in sites where probably there is a human remains or relevant evidence. That situation does not contribute to the forgiveness of the Colombian community. The geophysics high-resolution methods are proposed to be included in the searching procedures to find missing people in Colombia. For instance, GPR and Electric Resistivity Tomography allow exploring broad and deep areas through the analysis of the abrupt changes of electric and magnetic properties. However, the data and profiles interpretation has to be made by an expert, considering the complexity of the subsoil composition. Unfortunately, forensic geophysics experts are very scarce. We have proposed the use of novel algorithms for automatic object detection, which allows the data and profile from geophysics methods to be classified to build a virtual learning machine that could permit automatic grave detection. The machine may contribute to improving procedures to apply geophysics methods focusing on finding missing people.

SE02-12

### PLATAFORMA TIPO ROVER PARA APLICACIONES EN GEOCIENCIAS FORENSES

Carrillo-Vargas Armando, Cazarez Barboza Marco Anyelo,  
Sandoval Quintana Osiris y Cifuentes Nava Gerardo  
Instituto de Geofísica UNAM, IGEF-UNAM  
armando@geofisica.unam.mx

Se presenta el diseño e implementación de un vehículo autónomo tipo Rover con características diversas: georreferenciación, cámara óptica y sensores de para gases, humedad, temperatura, campo magnético, entre otros. Este vehículo es terrestre de cuatro ruedas, con tracción independiente en cada una de ellas, tiene capacidad para ser programado en una trayectoria preestablecida o ser controlado vía radiocontrol. Cuenta con dos modos para adquisición de datos, memoria micro SD en el vehículo y transmisión inalámbrica hasta una distancia de 2 Km. Soporta una carga útil de 12Kg y una autonomía de operación de 40 minutos, este vehículo es adaptable a desplazarse en terrenos irregulares o de condiciones difíciles y minimiza los riesgos para los prospectores lo cual le da un gran potencial para emplearse en el campo de las geociencias forenses.

SE02-13 PLÁTICA INVITADA

### VIABILIDAD DEL USO DE MICRODRONES Y SENSORES ÓPTICOS PARA LA DETECCIÓN DE FOSAS CLANDESTINAS

Silván-Cárdenas José Luis, Madrigal Gómez José Manuel,  
Coronado Erick y Hernández Huerta Laura Mónica  
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C.  
jsilvan@centrogeo.edu.mx

Se trata de un proyecto que tuvo como principal objetivo probar ciertas tecnologías de percepción remota para la detección y mapeo de fosas clandestinas, con la esperanza de que esto pudiera asistir en las búsquedas de miles de desaparecidos que han sido víctima del crimen organizado y que, por tratarse de personas con poca integración social, se han quedado en el olvido. El proyecto consistió de un par de experimentos en los cuales se simularon fosas empleando cerdos de granja, así como fosas de control, mismas que fueron monitoreadas por 6 meses e un caso y por 9 meses en el otro. En el primer caso, se monitoreó la reflectancia espectral in situ empleando un espectroradiómetro de campo con un rango espectral de 350nm-2500nm de longitud onda. Adicionalmente, se registraron otros datos de referencia, como clima y análisis de suelo. En el segundo caso, el experimento se amplió al monitoreo de la subsidencia y el diferencial térmico empleando un vehículo aéreo no tripulado (VANT) con cámara RGB y térmica.

SE02-14

### ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DEL PAVIMENTO DE ASFALTO USANDO EL GEORADAR

Blum Marcelo de Lawrence Bassay<sup>1</sup>, Raupp Alexandre Bacellar<sup>1</sup>, Juraszek  
Ior Canesso<sup>2</sup>, Rotta Giovanni Vilnei<sup>3</sup> y Lima Cesar Augusto de Freitas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Policia Federal, SETEC/PF/SC  
<sup>2</sup>Policia Federal, SETEC/PF/PR  
<sup>3</sup>Policia Federal, NUTEC/PF/FIG/PR  
blum.mlbb@dpf.gov.br

Debido a la complejidad, el estudio de las cantidades ejecutadas en una carretera o calle pavimentada requiere una investigación del grosor de las capas estructurales del pavimento. Es común hacer aberturas en el pavimento para medir directamente los extractos, lo cual es destructivo y costoso de recomponer, generando vulnerabilidades y aún poco representativo del conjunto. Para minimizar los costos y los daños sin comprometer la recopilación de información, se sugiere utilizar el radar de penetración en tierra (georadar, GPR) asociado con la prospección de muestras con sonda de extracción y, por lo tanto, la cuantitativa realizada según las especificaciones del proyecto. GPR es un método que utiliza ondas electromagnéticas (EM) de alta frecuencia y sobresale en investigaciones superficiales debido a su alta resolución y rápida adquisición de datos. El método consiste en la emisión de paquetes de ondas EM bajo tierra hechos por la superficie de la antena bipolar transmisora. La propagación de la señal dependerá de la conductividad eléctrica, la permitividad dieléctrica y la permeabilidad magnética del subsuelo. La propagación de la señal EM también está sujeta a la frecuencia de la señal transmitida y a las reflexiones y difracción generadas por el cambio en las propiedades de los materiales en la misma. Por lo tanto, las ondas reflejadas y / o difractadas son capturadas por la porción receptora de antena, digitalizadas y registradas en una unidad de preprocesamiento. En los casos discutidos aquí, se utilizaron dos dispositivos: OperaDUO de la compañía IDS (antena de doble frecuencia, 700 y 250 MHz) y SIR-3000 de la compañía GSSI acoplado a un mini-automóvil con antena de 1600MHz. Después del procesamiento, los datos GPR se interpretaron cualitativa y semicuantitativamente. Las secciones presentaron reflectores con variaciones de amplitud media a fuerte que revelaban estructuras relacionadas con la regularización / deposición de materiales en la ejecución del trabajo. En la mayoría de los perfiles, se evidenció la deposición irregular de los materiales o la ausencia de algunos de ellos. El uso de GPR fue positivo porque la gran cantidad de información permitió reconstruir las superficies y calcular volúmenes, mientras que otros métodos solo recolectan muestras puntuales y extrapolan, además de ser un examen no destructivo y un método de ejecución rápida, en general. En algunos casos, se examinaron unos pocos miles de metros de pavimento, incluidos todos los desplazamientos con ambos GPR, en cuestión de horas.

SE02-15

### RESULTADOS DE SEGUIMIENTO GEOFÍSICO A FOSAS SIMULADAS, USANDO GEORADAR, TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA Y VARIABLES AMBIENTALES

Molina Carlos Martín<sup>1</sup>, Baena Alejandra<sup>1</sup> y Saumett Miguel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Antonio Nariño, UAN  
<sup>2</sup>Geosense  
martin.molina@uan.edu.co

La problemática de desaparición forzada que ha vivido Colombia producto del conflicto armado, político y social en los últimos 60 años, hace imperativo la búsqueda de mínimo 83000 personas, de las cuales sus seres queridos no tienen

noticias, pero sí derecho a la verdad, justicia, memoria y reparación. De ahí la importancia de acudir a la geofísica para intentar de una forma más rápida, certera y económica, buscar con métodos no invasivos las fosas clandestinas donde se presume están los cadáveres; por eso en Colombia se tienen dos laboratorios forenses de contraste geológico y ambiental, donde con restos óseos humanos y cerdos, se simularon 8 fosas en el año 2013 y 4 en el 2014. En esta ponencia se presentaran los resultados obtenidos durante el monitoreo llevado a cabo en dichos lugares experimentales durante el año 2018, donde se utilizó Radar de Penetración Terrestre (GPR) con antenas de 250 y 500 MHz, y Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) con la configuración tetraédrica de Wenner, así como su relación con la temperatura y pluviosidad; de igual forma se analizarán estos resultados con los obtenidos en años anteriores de las mismas variables y en las mismas fosas.

#### SE02-16 PLÁTICA INVITADA

### EFICIENCIA Y DEFICIENCIA DE LOS MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA EN INVESTIGACIÓN FORENSE

Cifuentes Nava Gerardo  
Serevicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM  
gercifue@geofisica.unam.mx

Se presenta un análisis del alcance y realidad de los métodos geofísicos de exploración para la investigación forense, a través de tomar como base el contexto con el que se enfrenta y la capacidad resolutoria de cada uno de los métodos por su principio físico de operación y capacidad de detección en casos de aplicación relacionados. La gran mayoría de los métodos geofísicos, que se aplican bajo el esquema de Exploración Geofísica Somera (NSG por sus siglas en inglés), aplicados en investigación forense, tienen una gran similitud con la aplicación de NSG en estudios arqueológicos, donde sin embargo el contexto fundamental posee grandes diferencias sustanciales. El contexto en la investigación forense implica una temporalidad y organización que no está contemplado para los demás objetivos de NSG y sobre todo en la Arqueología, donde los métodos de exploración geofísica deben de comenzar a desarrollar metodologías, diseños e implementaciones acordes. Por otro lado se debe de concientizar a los grupos en la investigación forense que no basta con adquirir un equipo de exploración que se piensa que es de uso instantáneo a través de la simple lectura del manual y se hace necesario la incorporación de un experto en exploración geofísica con una preparación adecuada en su formación. Sucesos que no solo se dan en forense, también sucede en otras disciplinas como la geotecnia, la minería, la arqueología, entre otras. El reto actual consistirá por lo tanto, en lograr crear procedimientos sistemáticos ad-hoc, contar con equipos lo suficientemente resolutivos, contar con personal capacitado adecuadamente en el uso, proceso e interpretación de los métodos geofísicos, solo para comenzar.

#### SE02-17 CARTEL

### ALGODÃO I DAM FAILURE; FIELD ANALYSIS OF GEOLOGICAL EVIDENCES

Moita José Henrique Almeida Moita<sup>1</sup> y Evangelista Thalles Fernandes de Souza<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Polícia Federal, DPF; Universidade Estadual do Piauí-UESPI  
<sup>2</sup>Departamento de Polícia Federal, DPF  
henrique.jham@dpf.gov.br

Earthfill dams are a solution for water supply relieving aridity problems in Northeastern Brazil. Nevertheless, the rupture of such dams has been frequent causing new problems (deaths and material damage), as occurred recently on July 11th, 2019 in Quati dam in Northeastern Bahia state, in Pedro Alexandre municipality. And in the last decade on May 27th, 2009 the accident happened again but now in Algodões I dam, in the municipality of Cocal, state of Piauí, being the object of the present study. Algodões I dam has been built along the course of Piranji river and was completed in 1999. It is located at the geographic coordinates latitude 03° 29' 48.9" S and longitude 41° 24' 53.5" W, 268 km from Teresina - PI the state capital. With about 36m high and 51,000,000 m<sup>3</sup> of dammed water the collapse of the structure resulted in a gigantic tidal wave officially killing nine residents as well as destroying riverside areas, flooding and devastating buildings and plantations in a large downstream area along the banks of the Piranji river. The on-site visit in order to analyze the geological remains of the destruction took place between December 15th and 18th of 2009, without prior knowledge of the dam project and without the exchange of information with the engineering expert team to ensure maximum exemption in the interpretations of the material analyzed and in the records of the information collected. The geological report with 40 pages containing field sketches, figures with explanatory data and bibliographic references - was concluded on October 10th, 2010 and was included in Expert Report N° 511/2011-SETEC / SR / DPF / PI, completed on December 6th, 2011 with the title "Annex B- Geological Survey Report". The body of the report was divided into topics covering areas such as regional geology (geotectonic units and seismicity), local geology (geotechnical characteristics of the outcrop rocks) and geomorphological aspects observed on the slopes adjacent to the dam, especially the gravitational movements occurring on the right embankment area and lateral channel spillway (critical breakup point). Finally, the geological evidences are presented, which compared with the other studies included in the Expert Report, supported the hypotheses pointed out as the causes of the Algodões I dam failure.

#### SE02-18 CARTEL

### EXPERIMENTAL RESEARCH ON TECHNIQUES TO DETERMINE THE ORIGINS OF SOIL SAMPLES WITH PALYNOLOGY

Wang Ping<sup>1</sup>, Guo Hongling<sup>1</sup>, Zhu Jun<sup>1</sup>, Hu Lan<sup>1</sup>, Mei Hongcheng<sup>1</sup>, Hu Can<sup>1</sup> y Li Jinfeng<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institute of Forensic Science Ministry of Public Security P.R.C., IFS  
<sup>2</sup>Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences  
wp1029@cifs.gov.cn

Forensic palynology is a branch of forensic science and plays an important role in criminal cases. More attention has been paid to pollen analysis in recent years. Three characteristics are the theoretical basis for origins research. Firstly, pollen is usually numerous with small size and different types; secondly, pollen has spatial indication, forming the special pollen assemblage in the local place; lastly, pollen has time indication that the assemblage and content of pollen in soil, air and other media are positively correlated with the flowering period of plants. Therefore, pollen of different species can be identified according to its shape, size, surface ornamentation, polarity, germination organs and other appearance characteristics. Different geographical locations, natural environments and seasons can be inferred based on pollen assemblage and content. Soil samples including 5 provinces from temperate region and warm temperate zone-subtropical region in China were analyzed. Types of soil samples include forest areas, farmland areas, grass areas and desert areas. Experiments were conducted to analyze pollen in the local samples, which provided scientific data to establish an association between pollen and soil areas. The results showed different areas and different types of soil samples have different information about pollen assemblage and content which could be used to infer the origin of the soil samples. The typical palynological assemblages summarized are as follows. The first category is samples from temperate regions which have four different types of soil samples. 1) The assemblages in forest soil samples are typically characterized by relatively high abundance of Pinaceae, more types of broad-leaf trees which are Betulaceae and Juglandaceae, Artemisia and Chenopodiaceae as herbaceous types, Aleurites Grevilleoides as mainly Fern. 2) There are few palynological types in agricultural soil samples which have different palynological assemblage characteristics in different areas, but overall most of them are Chenopodiaceae and Asteraceae. 3) The obvious characteristics in grassland soil samples are the pollen content with higher Chenopodiaceae, Artemisia and Asteraceae. There are also typical grassland constituents such as Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Poaceae and so on. 4) The palynological assemblage in desert soil samples is usually characterized by the absolute advantage of pollen content of a typical desert plant, for example, the high proportion of Ephedra, Chenopodiaceae and Tamaricaceae. The other category, the palynology assemblage in warm temperate zone and subtropical zone is obviously different from that in temperate zone. In the palynology assemblage in forest soil samples and farmland soil samples, Pinaceae, Myrtaceae, and Taxodiaceae are absolutely dominant. This research obtained some preliminary regional conclusions, but considering China is a vast country, the experiments on the source of palynology in soil samples need more systematic and comprehensive research.

#### SE02-19 CARTEL

### LA EVOLUCIÓN DE LA GEOLOGÍA FORENSE EN BRASIL

Salvador Fábio  
Polícia Federal, PF  
salvador.fass@dpf.gov.br

El inicio de los estudios ordenados en Geología Forense en Brasil el hecho de la participación de la Policía Federal brasileña en el I Curso Iberoamericano de Geología Forense, en Bogotá, Colombia, en 2009, coordinado por los investigadores de la Initiative on Forensic Geology - IUFGS. Antes de este evento, casos criminales en que fundamentos de la geología forense fueron aplicados son dispersos y fueron realizados por demandas de las fuerzas policiales o de los investigadores académicos. No había adecuada contextualización de los casos criminales y de los informes de los profesores de geología sobre cuestiones específicas involucrando, principalmente, el cambio de materiales geológicos para fines de fraude, la valoración de minerales preciosos y la identificación de fósiles sustentaban débilmente las investigaciones. Desde este encuentro hubo una intensa aceleración en los cambios de información entre los científicos forenses con formaciones relacionadas con las geociencias en el territorio nacional y el intercambio de conocimientos con investigadores de diferentes países. Más allá de estos eventos, al largo de los últimos años diversos cursos y entrenamientos fueron aplicados en las Universidades Públicas, para los estudiantes de Geología y de las ciencias relacionadas, exponiendo procedimientos y protocolos de trabajo para aquellos que buscan una carrera como geólogos forenses. Hoy, la Geología Forense en Brasil es desarrollada principalmente por los Peritos Criminales Federales de la Policía Federal, con graduación en Geología o Ingeniería de Minerales, con capacitación en las áreas de mineralogía, gemología, mapeamiento geológico, paleontología, pedología, análisis y remediación de la contaminación del suelo, geofísica, estabilidad de taludes, perforación de túneles y presas, uso de suelos y rocas como materiales de construcción, riesgos geológicos y impactos ambientales, hidrogeología, polución de recursos hídricos, geoquímica de isótopos estables, geoprocesamiento, detección remota, interpretación de imágenes aéreas y orbitales, recuperación de degradación por minería. La serie de casos especializados tiene

evolucionado mucho y nuevas clases de geólogos están ingresando en la Policía Federal. El pronóstico es de ampliación de las atribuciones y responsabilidades cuanto a el cumplimiento de las leyes en el quinto país más grande territorialmente del planeta, con diferentes ambientes naturales y con la división política en veinte y siete estados, cada uno con autonomía en sus fuerzas policiales. En 2019, será inaugurado en Brasilia/DF, el Centro Nacional de Difusión de Ciencias Forenses, ampliación del Instituto Nacional de Criminalística, tratase de una moderna y amplia edificación hecha para contener laboratorios de alta tecnología, instalaciones adecuadas para clases, entrenamientos y la difusión del conocimiento forense para los policías y otros investigadores de diferentes áreas de las Ciencias Forenses. La pretensión es que ese sea el centro de referencia nacional e internacional para los estudios y la generación del conocimiento científico especializado, destaque a la divulgación de métodos y tecnologías para la comunidad iberoamericana. Hay la previsión de establecimiento de un excelente laboratorio de geología forense y evidencia traza, que va a ser el centro de las iniciativas de desarrollo de las geociencias forenses y del establecimiento de protocolos técnicos para las policías de todos los estados brasileños.

## SE02-20 CARTEL

### USO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN SOMERA PARA EL MONITOREO DE FOSAS CONTROLADAS

Quiroz-Suárez Diego<sup>1</sup>, Caccavari Garza Ana<sup>2</sup>,  
Quinto-Sánchez Mirsha<sup>3</sup> y Silván-Cárdenas José Luis<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado Ciencias de la Tierra, PCT

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Laboratorio de Antropología y Odontología Forense, Licenciatura en Ciencia Forense, UNAM

<sup>4</sup>Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C.

diego.qsuarez@gmail.com

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un campo de pruebas, en el que se simulan entierros a diferentes profundidades y con diferentes características, y en el que, de manera periódica y sistemática, se realizaron sondeos de prospección de tomografía de resistividad eléctrica capacitiva (TREC), sondeos de conductividad (CMD) y de Radar de Penetración Terrestre (GPR) durante el período de nueve meses. Se busca, mediante los resultados que se obtengan, analizar y evaluar el uso de los diferentes métodos geofísicos y plantear una metodología funcional que permita optimizar la obtención de la información como la geometría y las propiedades físicas de los objetos y estructuras enterradas, aplicado a la arqueología forense. Los métodos geofísicos de exploración geofísica son una herramienta importante en los estudios de arqueología forense, ya que, al ser métodos no invasivos, ayudan a caracterizar la zona de interés reduciendo la pérdida de información material y optimizando el tiempo de búsqueda y de excavación aportando evidencia física.

## SE02-21 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA REALIZADO EN LA FOSA COMÚN DEL PARQUE FUNERARIO "EL VERGEL", EN MORELIA MICHOACÁN

Quiroz-Suárez Diego<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup>,  
Antillón-Erives Yessmin<sup>3</sup> y Caccavari Garza Ana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado Ciencias de la Tierra, PCT

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Ciencia Humanitaria A.C.

diego.qsuarez@gmail.com

Se presenta el estudio de caracterización geofísica realizado en una fosa común, que se encuentra ubicada en el Parque Funerario El Vergel situado la parte sur de la Ciudad de Morelia Michoacán, México. El estudio comprende la combinación de las metodologías de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ETR) en las modalidades 2D y 3D y Radar de Penetración Terrestre (GPR) con el objetivo de generar imágenes de alta resolución con los arreglos electrodicos Wenner-Schlumberger, ecuatorial paralelo y mínimo acoplamiento y comprobar la funcionalidad de estas técnicas en un contexto forense real y controlado. Este estudio surge como una respuesta a la necesidad de complementar las técnicas de búsqueda de fosas clandestinas y de recuperación de personas desaparecidas, tarea que ha sido dejada principalmente a cargo de grupos de buscadoras y personal que emplea técnicas invasivas como la varilla T. La geofísica de exploración somera y en particular la técnica de ETR 3D es una técnica poco usada dentro del ámbito forense en México, razón por la cual, su correcta implementación es una herramienta que puede complementar ampliamente las técnicas de búsqueda.

Sesión especial

**MODELACIÓN DE  
PROCESOS ATMOSFÉRICOS:  
TEORÍA Y APLICACIONES**

Organizadores:

Yuri Skiba

David Parra-Guevara

SE03-1

### ADVDIFF: A SIMPLE COMPUTATIONAL MODEL FOR SOLVING ADVECTION-DIFFUSION PROBLEMS ON THE SURFACE OF A SPHERE

Cruz Rodríguez Roberto Carlos y Skiba Iouri  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 roberto.cruz.rdg@gmail.com

A simple computational model AdvDiff, for solving linear and nonlinear advection-diffusion problems on the surface of a sphere, is presented. The model consists of Fortran 90 routines to efficiently solve the problem of advection-diffusion according to the method [1,2] and useful Python scripts to data processing and visualization. We took advantage of the symmetrized double-cycle componentwise splitting method used in [1,2] and made AdvDiff capable of running with many processors using OpenMP. The performance of AdvDiff is tested with various numerical experiments. The results show high efficiency, even on a personal computer and demonstrate effectively the advantages of using parallel calculations with method [1,2], something we hadn't shown in previous works. The AdvDiff model doesn't depend on any external library, it is very easy to compile and use and its source code can be reused for more complex models (e.g.: 3D models). [1] Skiba, Y. N. (2015). A non-iterative implicit algorithm for the solution of advection-diffusion equation on a sphere. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 78(5):257-282. [2] Cruz-Rodríguez, R. C., Skiba, Y. N., and Filatov, D. M. (2019). An implicit direct unconditionally stable numerical algorithm for the solution of advection-diffusion equation on a sphere. *Applied Numerical Mathematics*, 142:1-15.

SE03-2

### DESEMPEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE CONTROL DE EMISIONES DE CORTO PLAZO USANDO CÓMPUTO PARALELO

Peña-Maciél Daniel<sup>1</sup> y Parra Guevara David<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 deadbyken@yahoo.com.mx

La complejidad del problema de la contaminación atmosférica, hace que los modelos de control que se han desarrollado resuelvan sólo situaciones específicas, por lo que éstos consideran diferentes clases de metas ecológicas y económicas. En las últimas décadas se han propuesto diversas estrategias para el control de la contaminación del aire que se basan en modelos de optimización [1,4]. En particular, ante un evento de corto plazo (cuya duración va de pocas horas a varios días) donde, una débil dispersión en la atmósfera favorece la acumulación de los contaminantes hasta niveles peligrosos, es necesario definir con prontitud las restricciones en las emisiones que, pueden mantener las concentraciones de los contaminantes por debajo de las normas sanitarias respectivas [2]. En este trabajo se propone una estrategia óptima de corto plazo para controlar las emisiones de fuentes contaminantes (cuya solución existe y es única [3,4]) y así cumplir con los estándares de la calidad del aire, en cada punto de una zona seleccionada y en cada momento dentro de un cierto intervalo de tiempo. La estrategia se basa en un modelo de dispersión lineal bien formulado que considera fuentes puntuales, lineales y de superficie en un área limitada. Se utilizan las soluciones particulares de éste para formular el problema de programación cuadrática y, obtener los coeficientes que determinan las tasas de emisión óptimas de las fuentes. Ello requiere resolver repetidamente el modelo de dispersión para calcular cada función de concentración, debida a la concentración inicial y cada fuente contaminante, ésta es la parte de la estrategia que demanda mayor tiempo de cómputo, además de que éste último se incrementa con el número de fuentes contaminantes. Así, y dado que el problema de control de corto plazo requiere una rápida respuesta, proponemos emplear un procedimiento paralelo estándar para resolver el modelo de dispersión usando una arquitectura de múltiples núcleos: el protocolo SPMD (Single Program Multiple Data), de forma que cada unidad de procesamiento resuelve el modelo de dispersión con un forzamiento diferente para obtener cada función de concentración. Al final de la plática, se abordan algunos ejemplos sintéticos de control que muestran el desempeño de la estrategia de control propuesta. Referencias 1. Cooper W. W., Hemphill H., Huang Z., Li S., Lelas V., Sullivan D. W. *Survey of Mathematical Programming Models in Air Pollution Management*. European Journal of Operational Research, 96(1), 1-35 (1996). 2. Flagan R. C., Seinfeld J. H. *Fundamentals of Air Pollution Engineering*, Prentice-Hall (1988). 3. Parra-Guevara D., Skiba Y. N. *Quadratic Programming Formulation for Controlling the Emissions of Air Pollution Point Sources*. In: *Horizons in Computer Science Research* (T. S. Clary Editor), Vol. 14. Nova Science Publishers, Inc., NY, USA. 207-248 (2017). 4. Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba and D. Peña-Maciél. *Controlling the Forcing of the Linear Transport Equation to Meet Air Quality Norms at Every Point*. *International Journal of Applied Mathematics*, 30(6), 527-545 (2017).

SE03-3

### EFFECTOS DEL VIENTO DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC EN LA FORMACIÓN DE CICLONES TROPICALES

Lugo Adolfo<sup>1</sup>, Thorncroft Christopher<sup>1</sup> y Vargas Diana<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>University at Albany  
<sup>2</sup>No  
 alugorios@albany.edu

Estudios de casos individuales de ciclogénesis tropical han mostrado que los vientos en el paso de montaña del Istmo de Tehuantepec tienen la capacidad de fortalecer sistemas de baja presión (precursores) situados en las inmediaciones del Golfo de Tehuantepec en ciclones tropicales (CTs). En el caso del huracán Guillermo en 1991 (Farfán, 1997) se observó, empleando simulaciones numéricas de modelos barotrópicos, que, en ausencia de los flujos provenientes de tierra hacia el Golfo de Tehuantepec, el huracán no se formó, apuntando la importancia relativa de estos vientos. Un estudio posterior (Holbach, 2014) mostró que un número significativo de casos de ciclogénesis tropical ocurrieron en presencia de dichos flujos del continente, sin embargo, no se discutieron los posibles mecanismos físicos con los cuales dichos flujos hayan ayudado a desarrollar a los precursores. El presente estudio tiene por objeto 1) caracterizar los flujos del continente (con datos del reanálisis CFS) cuando estos interactúan con precursores en términos de su origen (tropical vs de latitud media) y calidad (humedad y temperatura), así como analizar su interacción con los precursores de CTs en términos de cambios en la convección (empleando imágenes de satélite) y de la vorticidad y 2) Estudiar el impacto directo de los vientos del Istmo en la ciclogénesis tropical en casos individuales (huracán Patricia, 2016) a través de experimentos numéricos de alta resolución (1km en la horizontal) considerando todos los procesos físicos usando el modelo WRF modificando la topografía y comparándola con una simulación de control. Resultados preliminares de varios eventos individuales sugieren que para que ocurra una interacción favorable, es decir, que se desarrolle el precursor, entre el precursor y los vientos del Istmo ocurre que: 1) los vientos se traslapan con el cuadrante noroccidental de la circulación del precursor; 2) los vientos incrementan sustancialmente los flujos de humedad en el Golfo de Tehuantepec y 3) en algunos casos ocurre transporte de vorticidad a través del Istmo el cual se incorpora en la circulación del precursor. Aún es necesario comprender como ocurriría la ciclogénesis en ausencia de los vientos del continente. Farfán, L. M., & Zehnder, J. A. (1997). Orographic Influence on the Synoptic-Scale Circulations Associated with the Genesis of Hurricane Guillermo (1991). *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2683-2698. Holbach, H. M., & Bourassa, M. A. (2014). The Effects of Gap-Wind-Induced Vorticity, the Monsoon Trough, and the ITCZ on East Pacific Tropical Cyclogenesis. *Mon. Wea Rev.*, 142, 1312-1325.

SE03-4

### ANÁLISIS DINÁMICO DEL TIEMPO-CLIMA EN LOS SANTOS, PANAMÁ: PERIODO DE REFERENCIA 1961-1990, PERIODO ACTUAL 1991-2015 Y PERIODO FUTURO 2075-2099 (MRI-AGCM 3)

Martínez Marlemys<sup>1</sup>, Morales-Acoltzí Tomás<sup>2</sup>, Sánchez-Galán Javier<sup>3</sup>, Kusunoki Shoji<sup>4</sup>, Nakaegawa Toshiyuki<sup>5</sup>, Gordon Román<sup>6</sup>, Pinzón Reinhardt<sup>7</sup> y Neria-Castillo Mercedes<sup>8</sup>  
<sup>1</sup>Maestría Científica en Ingeniería Matemática, UTP.  
<sup>2</sup>Modelación Matemática de Procesos Atmosféricos, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
<sup>3</sup>Grupo de Investigaciones en Biotecnología, Bioinformática y Biología Sintética (GIBBS), UTP  
<sup>4</sup>Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, Japón  
<sup>5</sup>Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, Japón, trakaega@MRI-JMA.jp  
<sup>6</sup>Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Los Santos  
<sup>7</sup>Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, UTP.  
<sup>8</sup>Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología Campus Talco, Talcala, México  
 marlemys.martinez@utp.ac.pa

En las últimas décadas ha aumentado el interés mundial por identificar posibles señales de impacto del cambio climático, por lo que es importante generar análisis de las bases de datos (BD) disponibles en cada país. Generalmente, una BD está conformada por Series de Tiempo (ST) diarias, horarias y de alta frecuencia, a diez minutos. Una ST son observaciones que toma una variable en tiempos de igual duración. Los índices climáticos son valores calculados usados para describir el estado y/o los cambios en el sistema climático. Permiten el análisis estadístico de variaciones que dependen de promedios, extremos y tendencias. Este estudio tiene como objetivo caracterizar la dinámica del tiempo-clima en Los Santos, Panamá para los periodos de referencia 1961-1990 de acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), periodo observado actual 1991-2015 y escenarios para el futuro 2075-2099 generados por: Modelo de Circulación General Atmosférica de super alta resolución, en su versión 3 (MRI-AGCM 3). Para los primeros dos periodos de estudio, consideramos una BD con observaciones diarias, de la estación meteorológica de la empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA), Los Santos, Panamá: temperaturas extremas (máxima y mínima) y precipitación. Para el periodo futuro, usamos las proyecciones de las mismas variables para el escenario RCP 8.5 (IPCC), a final del siglo (2075-2099) para cuatro esquemas de convección (C0, C1, C2, C3) a partir de un análisis del ensamble de las diferentes opciones planteadas. Se aplicó el análisis de índices climáticos con el software RCLimDex, reconocido por el Panel, para cada periodo permitiendo obtener 16 índices relacionados con temperatura y 11 con la precipitación. Un ejemplo de índices complementarios es:

Días Secos Consecutivos (DSC) y Días Húmedos Consecutivos (DHC). Para el caso de DSC observamos que el número tiende a disminuir al pasar del periodo de referencia al actual. Para el caso del escenario C0, el número de DSC tienden a disminuir, pero el rango de escalas es de 5 a 25 días vs 40 a 140. Para el índice DHC observamos la presencia de puntos fijos, preferentemente para los valores de 6 y 9 días a escala anual y ambas tendencias muestran una tendencia positiva. Para el caso del escenario C0, el número de DHC tienden a disminuir, pero la amplitud de la escala aumenta de 60 a 120 con respecto a 4 a 14 de los periodos de observación. En la naturaleza se observan comportamientos inesperados o emergentes como resultado de la no linealidad por lo que es necesario considerar ambas tendencias lineal y no lineal en el cálculo de los índices. La presentación de diferentes dinámicas en los tres periodos nos permite: intercomparar series de tiempo observadas en diferentes periodos y generadas por modelos para fines de identificar posible impacto del cambio climático. En conclusión, para motivos de interpretación, consideraremos un incremento de energía disponible asociada al cambio climático, así que buscaremos los diferentes comportamientos dinámicos que pudieran evidenciar éstos. En suma, de este análisis concluimos que tendremos mucha lluvia.

SE03-5

### IDENTIFICACIÓN DE DINÁMICA COMPLEJA EN SERIES DE TIEMPO REGISTRADAS EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL: ZACATLÁN, PUEBLA Y EL CAPULÍN, TERRENATE, TLAXCALA, MÉXICO

Martínez Marlemys<sup>1</sup>, Morales-Acoltzi Tomás<sup>2</sup>, Skiba Iouri<sup>3</sup>, Sánchez-Galán Javier<sup>4</sup>, Bernal-Morales Rogelio<sup>5</sup>, Herrera-Cortés Silvia<sup>6</sup> y Chamizo-Checa Silvia<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Maestría Científica en Ingeniería Matemática, UTP

<sup>2</sup>Modelación Matemática de Procesos Atmosféricos, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, Licenciatura en Ciencias Ambientales, Campus Tlaxco, Facultad de Agrobiología, UATx

<sup>3</sup>Modelación Matemática de Procesos Atmosféricos, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>4</sup>Grupo de Investigaciones en Biotecnología, Bioinformática y Biología Sintética (GIBBS), CEPIA, INDICASAT-AIP

<sup>5</sup>Licenciatura en Ciencias Ambientales, Campus Tlaxco, Facultad de Agrobiología, UATx

<sup>6</sup>marlemys.martinez@utp.ac.pa

La complejidad no-lineal es usada para medir el grado de predictibilidad asociada a una serie de tiempo de un sistema dinámico. Debido a su flexibilidad, recientemente, se ha puesto mucha atención a la investigación de funciones de distribución generalizadas. El objetivo de esta investigación es identificar el grado de complejidad de la dinámica en la Región Serrana ante la reducción de escala temporal de muestreo. Consideramos las series de tiempo registradas en las estaciones ubicadas en Zacatlán, Puebla y El Capulín, Terrenate, Tlaxcala, México. En un experimento preliminar, se buscó ajustar los datos de las observaciones de temperatura máxima de enero al mes de julio del 2019 con las funciones de densidad de probabilidad: Normal, Lognormal, Gamma, Weibull y Pareto utilizando el software EasyFit. Se usaron tres pruebas de bondad de ajuste: Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling y Chi-Squared. Se incluyó un ajuste, en modo libre con la función logística aplicando el Software XLSTAT 2019. Las siguientes escalas fueron analizadas: a diez minutos (escala original de observaciones), cada doce horas, diaria y quincenalmente. Tabla 1: Distribuciones ajustadas a los datos de las estaciones de estudio Escala Distribución Zacatlán El Capulín 10 min 12h 1d 15d 10min 12h 1d 15d Normal X X # # X # # # Weibull X # # # X # # # Gamma X X # # X # # # Lognormal X # X # X # # # Pareto X X X # X X X # Para los datos de Zacatlán y El Capulín en su mayoría las distribuciones se ajustaron en las escalas de 12 horas, diaria y quincenal. Para la escala a 10 minutos ninguna función se ajustó. El anterior análisis muestra que a medida que se baja de escala temporal en las series de tiempo utilizadas, las funciones se ajustan menos a los datos mostrando mayor complejidad y energía en los procesos. Lo que indica que hay complejidad en el comportamiento dinámico de la variable temperatura máxima. Comparando el análisis de las bases de datos de Zacatlán y el Capulín, con una diferencia de altura de 606 m, las distribuciones se ajustan mejor a los datos de El Capulín. Cumpliendo con la hipótesis de aleatoriedad inherente en la Distribución Normal. Eso implica que los datos de El Capulín muestran mayor complejidad en los procesos, tal y como se esperaba, ya que la estación está ubicada en la parte más alta de la sierra y sobre una superficie altamente accidentada, presentando intermitencia fuerte. Por lo que podemos emigrar a un enfoque general considerando propiedades de invariancia de escala.

SE03-6

### COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE CONCENTRACIONES DE OZONO EN LA MEGALÓPOLIS Y SU RELACIÓN CON ACTIVIDAD DEL POPOCATÉPETL

Martínez Alan J.<sup>1</sup>, Morales Tomas<sup>2</sup> y Velasco María de los Ángeles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
ambientalbuap@yahoo.com.mx

El ozono troposférico es un contaminante secundario derivado de las reacciones e interacciones de los NO<sub>x</sub> y de los de los compuestos orgánicos volátiles con la radiación solar a diferentes longitudes de onda, estos contaminantes que dan lugar a la formación del ozono son emitidos por las fuentes naturales -en este caso el volcán Popocatepetl- y por fuentes antropogénicas, principalmente del parque vehicular y

la industria. Los efectos del ozono troposférico a grandes concentraciones provocan daños a la salud, a la vegetación y a los ecosistemas; en los seres humanos causa irritación en los ojos y aumentan la incidencia de síntomas respiratorios, esto da como resultado una baja en la productividad de las actividades humanas; en algunos tipos de vegetación se puede observar lesiones foliares, además de la reducción de las cosechas y la germinación de ciertas semillas. Este estudio analiza las concentraciones de ozono en algunas ciudades de la megalópolis, la base de datos con los que se trabajó fueron proporcionados por SINAICA y CENAPRED, en donde, a partir de las series de tiempo se observaron: la distribución del ozono por las diferentes direcciones del viento; las mas altas concentraciones de ozono troposférico en las ciudades, relacionándolas con las exhalaciones y explosiones del volcán; se realizó la regresión lineal y no lineal de las concentraciones del ozono en marcha horaria; para finalizar se compararon los datos en diferentes años y en diferentes estaciones, para poder relacionarlos con el efecto EL NIÑO y LA NIÑA. Así se podrá tener un alto conocimiento de las concentraciones del ozono y su dinámica en la megalópolis. Se consideraron análisis a diferentes escalas. Se identificó una circulación CDPuebla-ZacatelcoTlaxcala-CDMX.

SE03-7

### EFFECTO DE LAS CONEXIONES REMOTAS DEL OCÉANO ATLÁNTICO Y PACÍFICO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ AL ORIENTE DE PUEBLA, MÉXICO: ESTUDIOS DE CASO

Velasco María de los Ángeles<sup>1</sup>, Morales Tomas<sup>2</sup>, Bernal Rogelio<sup>3</sup> y Juárez J. Pedro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Tlaxcala

<sup>4</sup>Colegio de Postgraduados, campus Puebla  
ambientalbuap@yahoo.com.mx

Las teleconexiones representan interacciones océano-atmósfera, en la cual, tienen efectos a diferentes escalas; formándose microclimas, que pueden explicar variaciones con anomalías climáticas o naturales, entre procesos meteorológicos. La presente investigación se basa en: analizar e identificar la relación de los efectos hidrometeorológicos de teleconexión, que determinan la distribución de la precipitación en el rendimiento del maíz. Se utilizó una base de datos a partir de una entrevista semiestructurada dirigida a productores de maíz, en donde, se identificaron seis años de estudios de caso, para la región oriente del estado de Puebla, México. Se elaboraron graficas con distribución pentadal utilizando un programa de matlab. Los resultados muestran la importancia de la ubicación geográfica, para las actividades agrícolas en relación a un valle con gradiente altitudinal, además, el ciclo de crecimiento del maíz se asocia con los frentes del este y otras perturbaciones tropicales, se considera que la relación de las teleconexiones y la distribución de la lluvia es el factor principal en el desarrollo del maíz, en donde, las diferentes fases de ENOS (El Niño Oscilación del Sur) tienen un impacto diferente en la abundancia y escasez de la precipitación en los casos de estudio de la presente investigación.

SE03-8

### FUNDAMENTOS DE LOS MÉTODOS COMPUTACIONALES EN ÁLGEBRA LINEAL

Skiba Iouri

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
skiba@unam.mx

Se presenta un libro nuevo publicado por la Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM, México, 2018. Autor: Yuri N. Skiba Contenido del libro Prólogo Conceptos preliminares Capítulo 1. Elementos básicos de análisis matricial 1.1. Introducción 1.2. Espacios lineales y vectores 1.3. Matrices 1.4. Matrices especiales 1.5. Problema espectral 1.6. Normas matriciales 1.7. Problemas al capítulo 1 Capítulo 2. Problemas de algebra lineal 2.1. Tipos de problemas computacionales 2.2. Fuentes de problemas computacionales 2.3. Número de condición de una matriz 2.4. Estimación del número de condición 2.5. Método de las potencias 2.6. Estimación de eigenvalores 2.7. Problemas al capítulo 2 Capítulo 3. Métodos directos para sistemas lineales 3.1. Factorización LU 3.2. Eliminación de Gauss 3.3. Factorización QR por medio de la ortogonalización de Gram-Schmidt 3.4. Factorización QR por medio de transformaciones de Givens 3.5. Factorización QR por medio de transformaciones de Householder 3.6. Método de Thomas 3.7. Método de disparo 3.8. Método de Thomas en el caso de condiciones periódicas 3.9. Método de cuadrados mínimos 3.10. Problemas al capítulo 3 Capítulo 4. Métodos iterativos para sistemas lineales 4.1. Convergencia de las iteraciones 4.2. Método de Jacobi 4.3. Método de Gauss-Seidel 4.4. Métodos de relajación 4.5. Métodos de minimización 4.6. Algoritmos LR y QR 4.7. Problemas al capítulo 4 5. Eficiencia de los cálculos 5.1. Importancia de la estabilidad de los cálculos 5.2. Estabilidad de la solución de un problema 5.3. Piense bien! 5.4. Importancia de métodos geométricos Referencias Índice Analítico Signos convencionales

SE03-9 CARTEL

**MODELIZACIÓN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD DENTRO DEL DOSEL ARBÓREO**

Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo y García Chan Néstor  
*Universidad de Guadalajara, UdG*  
 carlosvillaola@gmail.com

Se desarrolló un programa computacional para modelar los flujos de radiación, calor latente, calor sensible y perfiles de temperatura y humedad dentro de un dosel arbóreo. El modelo de transferencia suelo-vegetación-atmósfera utilizado, se basa en el modelo SHAW del USDA, un modelo multi-capas de transporte turbulento unidimensional en la vertical. El programa utiliza un algoritmo de solución numérica en elementos finitos con malla no uniforme, un esquema de diferenciación implícito y debido a la no linealidad de las ecuaciones, se utiliza el método de Picard para su resolución. El modelo utiliza parámetros propios del dosel, como el perfil de área foliar LAI, la altura del dosel y el perfil foliar modelado a partir de los parámetros de forma y escala en la distribución de Weibull. También incorpora la difusividad térmica, albedo, emisividad entre otras propiedades térmicas del aire, el dosel y el suelo. El modelo simula correctamente los perfiles de temperatura y concentración de humedad, así como los flujos de radiación, calor latente y calor sensible entre el aire, el dosel y el suelo a lo largo del tiempo. Se pretende utilizar este modelo para un posterior estudio sobre mitigación de la isla de calor urbana por medio de bosques urbanos.

SE03-10 CARTEL

**ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS ANUALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO 2005 – 2018 Y CON EL PROGRAMA WRF**

Zenteno Jiménez José Roberto<sup>1</sup> y Mireles Arellano Fernando<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM*  
<sup>2</sup>*Instituto Politécnico Nacional*  
 zenteno20jr@hotmail.com

Se usó la metodología para la obtención de nuevas funciones de distribución de probabilidad normal y de valor extremo por inferencia bayesiana y mezclado estocástico de gaussianas. La metodología propuesta está orientada a datos con comportamiento gaussiano y consiste en ajustar la función de distribución normal a los datos de serie de tiempo de datos máximos de temperatura, para dar un comportamiento de las temperaturas Máximas, posteriormente usamos la inferencia bayesiana para datos normales, en este caso estamos buscando el comportamiento y la tendencia con nuevas funciones gaussianas y de valor extremo. Para validar el modelo usamos los siguientes estimadores estadísticos, medición de la raíz del error cuadrático, error cuadrático, coeficiente de determinación y aproximación de predicción. Usando las nuevas medias y varianzas de las nuevas funciones de distribución extrema generamos dos nuevas funciones de distribución normal una mínima y una máxima. Así ya teniendo las tres funciones de distribución de probabilidad normal, la ajustada primeramente y las dos nuevas funciones de distribución normal introducimos el método de mezcla estocástica de gaussianas para dar una nueva función de distribución de probabilidad normal general para la tendencia de las temperaturas máximas para la ciudad de México. Además de hacer un pronóstico de temperatura con el WRF para su comparación. La base de datos que se uso es de la página de la Ciudad de México <http://www.aire.cdmx.gob.mx>.

SE03-11 CARTEL

**ANÁLISIS DE SOBRETENSIONES EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DEBIDO A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

García López Aniarely del Carmen, Vázquez Báez Víctor Manuel y Escamilla Sánchez Juan Carlos  
*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP*  
 aniarely.garcia@alumno.buap.mx

En este trabajo se analizan los campos electromagnéticos que se originan por las descargas atmosféricas directas e indirectas, mismas que generan sobretensiones en toda la línea transmisión y se pueden transferir a los sistemas de distribución mediante el transformador; estas sobretensiones pueden ocasionar fallas y averías en los equipos y líneas de transmisión y distribución. La información recabada es de gran utilidad debido a que en México las descargas atmosféricas son comunes dada su ubicación geográfica y, puesto que el rayo es un evento natural que no podemos controlar representa un riesgo en la seguridad de los operadores, estos datos nos ayudaran a mejorar los sistemas de protección en las líneas que se ubican en las zonas de alta incidencia de descargas atmosféricas. Estos sistemas de protección ayudan a minimizar las perturbaciones ocasionadas por los rayos.

SE03-12 CARTEL

**COMPARATIVA DE DIFERENTES DISEÑOS DE ANTENAS DE ESPIRAL PARA EL MONITOREO DE PERTURBACIONES IONOSFÉRICAS SÚBITAS**

Pérez Monzón David<sup>1</sup>, Vázquez Báez Víctor Manuel<sup>1</sup>, Martínez Bravo Oscar<sup>2</sup> y Ponce Llancho Epifanio<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP*  
<sup>2</sup>*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FCFM-BUAP*  
 david.perezmon@alumno.buap.mx

El trabajo realizado se desarrolla en dos partes, teórica y experimental, debido a que es una combinación de conocimientos de los ámbitos de clima espacial, comunicaciones, programación y electrónica con el fin de la implementación de una estación de monitoreo de clima espacial. Fundamentalmente, este trabajo, consistió en la selección de los diseños de las antenas a partir de estimaciones teóricas, construcción de las antenas, puesta en marcha de la estación y comparación de los resultados, a partir de esto último se determinó cuál de ellas es la adecuada para el uso en dicha estación. Finalmente, damos comentarios respecto a dificultades, retos e importancia del monitoreo de clima espacial y como volverlo asequible a las diferentes instituciones en los niveles superior y media superior del país.

SE03-13 CARTEL

**RELACIÓN DE LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS CON LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2018**

Cortez Huerta Mauro<sup>1</sup>, Valera Pérez Miguel Ángel<sup>1</sup>, Peniche Camps Salvador<sup>2</sup> y Cortes Frago José Héctor<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP*  
<sup>2</sup>*Universidad de Guadalajara, UDG*  
 maurocortezhuerta@gmail.com

En la ciudad de Guadalajara, Jalisco hay un problema muy grande de contaminación atmosférica y son grandes efectos en las enfermedades respiratorias. El objetivo de esta investigación fue analizar la relación que existe entre las infecciones respiratorias agudas (IRA) y los contaminantes criterio que regula la normatividad mexicana (CO, PM2.5 y 10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>). Se trabajó con datos del sistema de monitoreo atmosférico y del comité estatal de vigilancia epidemiológica del estado de Jalisco. Para el análisis del comportamiento de las variables se utilizó un modelo de regresión múltiple por medio del software Mitintab 18, obteniendo resultados significativos de las variables (CO=0.007, O<sub>3</sub>=0.037 y PM10=0.003) tomando un valor p (nivel de significancia) menor al 5%.

SE03-14 CARTEL

**NUMERICAL ANALYSIS OF COHERENT STRUCTURES IN HIGHLY INHOMOGENEOUS ENVIRONMENTS**

Filatov Denis  
*Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences*  
 denisfilatov@gmail.com

Abstract. We develop a numerical model for the simulation of nonlinear fluid flows in wetlands under low-to-moderate velocity regimes and investigate the evolution of self-organized spatial turbulent patterns appearing in flows due to nonlinear interactions between the driving mechanisms of external forcing and dissipation being present in the medium. We start from considering a differential model based on the doubly nonlinear diffusive wave approximation to shallow water equations (DSW) in basins with an irregular boundary. We formulate a boundary value problem (BVP) in the most general case when the nonlinear diffusion coefficient depends on the solution itself, the solution's gradient and the bottom's topography, and perform a rigorous mathematical analysis of the model's properties by addressing the questions of existence, uniqueness and stability of the classical and weak solutions. The challenge of this task is that so far the DSW model has never been investigated for well-posedness in the mentioned general formulation. We involve Taylor series expansions of the nonlinear terms, which permits to reduce the issue of studying the well-posedness of the original problem to a simpler task of constructing appropriate energy estimates of the weak solutions to a sequence of simpler subproblems. To solve the problem numerically, we involve the concept of operator splitting both in time and in space, which leads to an essential simplification of the resulting finite difference subproblems due to a band structure of the matrices appearing in the numerical solution. We construct a family of balanced, geometrically tolerant, non-iterative finite difference schemes that allow reducing the computing resources required and benefit in straightforward parallel implementation for speeding up the computations. We analyze the solution to the split discrete BVP for convergence to the solution to the original boundary value problem. Besides, we particularly study coherent structures appearing as self-organized patterns in the turbulent flow under diverse external conditions. In doing so, we investigate various regimes of the structures' evolution depending on the model's parameters, including their stability with respect to external actions, determine bifurcation points

and establish the connection between the patterns appearing in the most general case and those occurring in the partial cases of neglected topography and the solution's gradient in the diffusion coefficient. In order to verify the model's ability to reproduce real-world fluid flows exhibiting essentially nonlinear effects, we implement our model for a high-performance computing environment and carry out detailed numerical experiments simulating overland flows in complex-shaped regions with a sophisticated bottom relief, imitating wetlands and vegetated open channels. Keywords: Turbulent fluid flows, coherent structures, bifurcation, self-organization, wetlands, open channels, highly inhomogeneous porous media, shallow water equations, doubly nonlinear diffusion equations, computational fluid dynamics, numerical simulation.

SE03-15 CARTEL

### ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE UN PROTOTIPO PARA DISIPAR LA NUBE NEGRA SOBRE LAS CIUDADES

Grijalva y Ortiz Nicolás<sup>1</sup>, Rivas Silva Juan Francisco<sup>2</sup>, Vázquez Báez Víctor Manuel<sup>1</sup>, Pérez Avila Karla<sup>1</sup> y Galindo López Víctor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, IFUAP  
ngrijalva@prodigy.net.mx

En este trabajo exponemos la viabilidad de un prototipo, basado en la generación de una torre de aire caliente tipo vórtice, como medida para disipar la nube negra de contaminantes en una ciudad. La simulación se realiza mediante el software COMSOL Multiphysics, donde se analizan los diferentes parámetros geométricos y físicos tanto del prototipo como del entorno atmosférico a fin de encontrar la configuración óptima de funcionamiento. Presentamos también un modelo a escala funcional.

SE03-16 CARTEL

### ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN LAS FUENTES DE EMISIÓN CONSTANTES E INSTANTÁNEAS

Parra Guevara David y Skiba Iouri

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México  
pdavid@atmosfera.unam.mx

Los avances en la modelación numérica de la dispersión de sustancias en la atmósfera y el océano han abierto la oportunidad para el desarrollo de métodos que no sólo permiten predecir la concentración de contaminantes sino también la definición de estrategias para el control de las emisiones y la estimación de parámetros básicos como son: el sitio de emisión y la intensidad de las fuentes contaminantes desconocidas. La recuperación de los parámetros que caracterizan las fuentes puntuales con base en datos de la concentración de contaminantes es un problema inverso que aparece en el estudio de la contaminación en el océano, la atmósfera y el agua subterránea (Sharma et al., 2014; Lushi y Stockie, 2010; Skaggs y Kabala, 1994). La solución de este problema es relevante para establecer el grado de responsabilidad entre los potenciales agentes involucrados en la contaminación regional y la estimación del impacto ambiental (Rigby, 2019). Los métodos de identificación que se desarrollan con este fin se basan en diferentes formulaciones matemáticas que buscan reducir la incertidumbre e inestabilidad introducida por los errores contenidos en los datos de la concentración de los contaminantes (Enting y Newsam, 1990). En este trabajo se presenta un método que permite estimar los parámetros que caracterizan las fuentes puntuales de emisión constantes e instantáneas. Para este fin, se establece una estimación dual de la concentración puntual de un contaminante que utiliza funciones adjuntas (Parra-Guevara et al., 2015). Los datos considerados son series de tiempo de la concentración en diferentes sitios de monitoreo. El método se basa en la minimización de las llamadas "funciones de error", las cuales se definen a través de las funciones adjuntas y las series de tiempo. Al final del trabajo se presentan ejemplos sintéticos bidimensionales de la identificación de fuentes puntuales constantes e instantáneas. Referencias -Enting, I. G., G. N. Newsam. Atmospheric constituent inversion problems: Implications for baseline monitoring. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 11, 69-87 (1990). -Lushi, E., J. M. Stockie. An inverse Gaussian plume approach for estimating atmospheric pollutant emissions from multiple point sources. *Atmospheric Environment*, 44, 1097-1107 (2010). -Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba, A. Reyes-Romero. Existence and uniqueness of the regularized solution in the problem of recovery of the non-steady emission rate of a point source: Application of the adjoint method. In: *Engineering Optimization IV*, Rodrigues, H.C., et al. (eds.), Taylor and Francis Group, London, UK, 181-186 (2015). -Rigby, M., S. Park, T. Saito, L. M. Western, A. L. Redington, X. Fang, S. Henne, A. J. Manning, et al. Increase in CFC-11 emissions from eastern China based on atmospheric observations. *Nature*, 569, 546-550 (2019). -Sharma, L. K., A. K. Ghosh, R. N. Nair, M. Chopra, F. Sunny, V. D. Puranik. Inverse modeling for aquatic source and transport parameters identification and its application to Fukushima nuclear accident. *Environ. Model. Assess.*, 19(3), 193-206 (2014). -Skaggs, T. H., Z. J. Kabala. Recovering the release history of a groundwater contaminant. *Water Resources Research*, 30(1), 71-79 (1994).

Sesión especial

**COMUNICACIÓN, DIVULGACIÓN  
Y EDUCACIÓN DE LAS  
CIENCIAS DE LA TIERRA**

Organizadores:

Bernardo Bastien-Olvera  
Raiza Pilatowsky-Gruner

SE04-1

## UN NUEVO ESPACIO PARA LAS CIENCIAS DE LA TIERRA: DIVULGACIÓN TERRÓLOGA

Martínez Abarca Luis Rodrigo y Cárdenas Fuentes Estefanía  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 lurodrimtz10@ciencias.unam.mx

El uso de redes sociales ha ido en incremento durante la última década. Esto sugiere una adecuación en la divulgación de la ciencia de modo breve y visual a la sociedad. Dentro de las redes sociales, Facebook ocupa el segundo lugar en los sitios más visitados con cerca de 2.41 mil millones de usuarios (Facebook, Inc., 2019). Dicha plataforma permite compartir imágenes y videos que en conjunto a textos concisos, brinda al público de todo el mundo la oportunidad de aprender conceptos de Ciencias de la Tierra. El 11 de junio de 2019 se creó la página "Divulgación terróloga" con el objetivo de divulgar de manera precisa y clara diferentes procesos que intervienen en la dinámica de nuestro planeta. Las publicaciones regulares se llevan a cabo los días lunes, miércoles y viernes, con una alternancia entre la orientación a la que es dirigida (p. Ej. Tierra sólida, Acuáticas, Atmosférica, Ambiental y Espacial). De igual modo, el día 20 de junio de 2019, se dio inicio con la sección "Jueves de Tesistas" destinada a la difusión de trabajos de investigación de jóvenes egresados de la licenciatura en Ciencias de la Tierra y afines. Los resultados a un mes y medio de la apertura de la página son satisfactorios. Al día de hoy, se han realizado 31 publicaciones, de las cuales, 19.3% corresponden a los jueves de tesistas, 16.1% a ciencias acuáticas, 16.1% a ciencias atmosféricas, 16.1% a ciencias de la tierra sólida, 16.1% a ciencias espaciales y 16.1% a ciencias ambientales. El total de suscriptores es de 583, sin embargo, la cantidad de personas alcanzadas es de 42,214. De esta manera, las visualizaciones orgánicas es mayor que 31 mil visitas en la publicación más popular. El 63% de los seguidores son mujeres mientras el 37% son hombres. Los seguidores de la página son en su mayoría público nacional 89%, aunque 9% son de Estados Unidos, 0.3% de Colombia, 0.17% de Perú, 0.15% de Argentina y 1.35% de otros países como España, Reino Unido, Canadá, entre otros. Nuestras publicaciones han sido traducidas al Inglés, Francés y Alemán. Las publicaciones con mayor cantidad de visualizaciones son las enfocadas a Ciencias Ambientales y Tierra Sólida así mismo las destinadas al espacio "Jueves de Tesistas". Los resultados obtenidos durante este tiempo sugieren la importancia de la divulgación de las Ciencias de la Tierra y el incremento de las personas interesadas en los temas relacionados a problemáticas actuales. La página divulgación terróloga representa un espacio donde egresados pueden compartir sus investigaciones e igualmente, un motor que impulsa futuras relaciones laborales y académicas.

SE04-2

## LA DIVULGACIÓN COMO HERRAMIENTA DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Lopera Gasca Ana Cecilia y Lara Montiel Ilce Tlanezi  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 terramovil@geologia.unam.mx

El Instituto de Geología (IGL), UNAM, interesado en mejorar la enseñanza y despertar la vocación de los estudiantes de Preparatoria y CCH de la UNAM en las carreras afines a las Ciencias de la Tierra (CT), se propuso realizar visitas periódicas a dichos planteles para impartir, a través de su Programa Terramóvil, talleres didácticos que les permita a los estudiantes conocer las diversas disciplinas de las CT, tomar conciencia de su importancia y relación con la vida cotidiana, fomentar el cuidado de los recursos naturales y advertirlos de cómo protegerse ante los peligros naturales. El Terramóvil es un programa de divulgación de Ciencias de la Tierra del IGL, UNAM, enfocado en que los alumnos de educación básica y media superior y el público en general, conozcan su entorno geológico, hidrológico y los suelos de la Cuenca de México. Los talleres y los materiales han sido desarrollados por investigadores del IGL y otros institutos de la UNAM, poniendo al alcance de estudiantes y maestros los avances desarrollados dentro de sus investigaciones. Con ayuda del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) se planteó el proyecto: Innovación y fortalecimiento de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en planteles del Bachillerato UNAM, donde se busca orientar a los estudiantes que están cursando el último periodo del bachillerato ante el dilema de elegir carrera. Las carreras relacionadas con las CT son poco conocidas entre los jóvenes y es un deber como institución educativa darles alternativas, informando e impulsando carreras nuevas que les permitan seleccionar entre un mayor abanico de posibilidades, como es el caso de la licenciatura en Ciencias de la Tierra. Una manera de lograr que los estudiantes se interesen por las CT es a través de talleres interactivos que muestren de manera didáctica los temas incluidos en esta área. Para ello el Programa Terramóvil a través de su experiencia en la divulgación de las Ciencias de la Tierra ha visitado algunos de los planteles e invitado a los estudiantes a participar en los talleres con temas como agua, suelo, peligros geológicos, cambio climático, entre otros, en donde todos aprenderán cómo estos temas impactan a su vida diaria y algunos de ellos podrán además, descubrir su vocación. Los talleres se evaluaron a través de la aplicación de dos encuestas una previa y otra posterior a las actividades de divulgación. Los resultados obtenidos son importantes para ver los cambios generados en los estudiantes en su proceso de elección de carrera.

SE04-3

## PLANETEANDO: LA PLATAFORMA JUVENIL DE DIVULGACIÓN DE LAS GEOCIENCIAS

Pilatowsky-Gruner Raiza y Bastien-Olvera Bernardo A.  
 Universidad de California Davis  
 rpilatowsky@ucdavis.edu

¿El sargazo es el villano de la película? ¿Las rocas, como en el Rey León, viven en un ciclo sin fin? ¿La geo-ingeniería podrá salvarnos del cambio climático? Estas preguntas son contestadas semana a semana en los videos y columnas de divulgación de Planeteando, los blogs más chidos del planeta Tierra. Planeteando surge hace dos años como el primer video-blog de YouTube en español dedicado a la divulgación de cambio climático, manteniendo un tono cómico y juvenil, con memes, lenguaje coloquial y analogías con temas de cultura popular. Actualmente está en un periodo de crecimiento inédito donde se ha convertido en una plataforma de divulgación en la que colaboran más de una veintena de columnistas jóvenes de diferentes disciplinas que aportan un sinnúmero de formas diversas de entender a la naturaleza y a la sociedad.

SE04-4

## GRUPO ESTUDIANTIL "CODECIT"

Jaramillo Durazo Ivy Miranda y Campos Domínguez Andrés Josué  
 Universidad de Guanajuato  
 ivy-miranda@hotmail.com

El Consejo de Ciencias de la Tierra (CODECIT) es un grupo organizado de la Universidad de Guanajuato creado el 14 de enero de 2014 por el alumno Abel López Almanza, en ese entonces alumno de la licenciatura de ingeniería en minas como una conexión entre los alumnos del departamento de minas, metalurgia y geología con la industria minera por medio de pláticas y visitas a las minas. Durante los primeros semestres de gestión el grupo trabajaba de una manera ejecutiva resolviendo y promocionando temas de vanguardia de investigaciones científicas de la industria minera y trayendo a los estudiantes congresos, conferencias y pláticas de seguridad, al cambiar la administración se toman temas de interés en geología. En el año 2016 se reinventó como un grupo de difusión de ciencias y apoyo social con el objetivo de trabajar con otros grupos de la universidad para promocionar el interés por la ciencia en el estado, difundir noticias a la comunidad estudiantil y formar mejores profesionistas e ingenieros por medio de actividades como ferias de ciencias, talleres, conferencias y apoyo a las comunidades rurales para fomentar la empatía y la resolución de problemas ambientales y sociales en los estudiantes. Actualmente cuenta con talleres de las carreras de ingeniería minera, metalúrgica, geológica y ambiental como fósiles, identificación de rocas, ciclo de las rocas, cobreado, demostración del trabajo de un minero y filtración del agua. Como eventos exclusivos el CODECIT cuenta con pláticas semestrales hechas por alumnos de la división de ingenierías que hayan realizado estancias en la industria y deseen compartir sus experiencias con alumnos de primeros semestres denominadas GEOMINIGHT y La Semana de la Tierra la cual se celebra cada año en el departamento de minas, metalurgia y geología entre los meses de abril y mayo para conmemorar el día de la tierra, durante esta semana se realizan juegos y conferencias relativas a las problemáticas y nuevos descubrimientos científicos.

SE04-5

## LA RED UNIVERSITARIA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA COMUNICACIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA

Martínez Ramírez Rubén Darío  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 rudymraz@gmail.com

La comunicación de la ciencia desde su gestación ha girado en torno al vínculo ciencia, últimamente tecnología, y sociedad. En los primeros modelos (alfabetización científica) se consideraba al no-científico como un lego que requería ser instruido; no obstante, en las últimas décadas se ha propugnado por un modelo dialógico (entre ellos public engagement), en el que interviene el público en la configuración de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. En esta presentación se muestra como la Red Universitaria de Cambio Climático de la UNAM (REDUCC, perteneciente al Programa Universitario de Cambio Climático) ha contribuido con ciertos matices en el terreno de la comunicación pública de la ciencia, a partir de la interacción y por medio de las distintas modalidades (círculos de estudios, ferias de ciencia, mesas de diálogo, etcétera).

SE04-6

## EL PETRÓLEO COMO TEMA DE DIVULGACIÓN

Rodríguez Ramos Monserrat y Cruz Gómez Idalia Teresa  
AAPG YP México  
monsgeology@gmail.com

La American Association of Petroleum Geologists (AAPG) en su capítulo de Young Professionals y Student Chapter de la UNAM e IPN, a lo largo del 2018 y 2019 se han concentrado en realizar distintos tipos de actividades de divulgación científica. La misión principal de la asociación es promover, fomentar e inspirar una conducta científica y el desarrollo de la investigación en temas de geociencias. Es así que, a través de la participación en actividades de divulgación itinerantes, busca cumplir esa misión. Algunos ejemplos de dichas actividades serían: \*La realización de la primera semana de geociencias. (Evento que se llevará a cabo cada año, promoviendo el conocimiento de qué es el petróleo, cómo se extrae, entre otras. A partir de talleres.) \*Desarrollo de una app gratuita, la cual estará disponible para iOS y android. A partir de juegos, mostrar conceptos básicos de geología, enfocada para niños de 6 a 9 años. \*Primera participación en el Encuentro con la Tierra, evento que se realiza cada año y congrega más de 60 talleres de distintas instituciones de educación e investigación. De esta forma, la AAPG México busca ser un pilar para la comunicación y educación de las geociencias.

SE04-7

## EXPERIMENTANDO LA DIVULGACIÓN: VIVENCIAS Y APRENDIZAJES DE LOS TALLERISTAS DEL PROGRAMA TERRAMÓVIL

Ramírez Calderón Mónica Guadalupe<sup>1</sup>, Ramírez Salazar Anthony<sup>1</sup> y Lopera Gasca Ana Cecilia<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM  
monicald@ciencias.unam.mx

La divulgación de la ciencia es una disciplina emergente y en constante crecimiento desde hace algunas décadas, en las que se han desarrollado proyectos de investigación que buscan acercar, con mejores estrategias, al público general a los descubrimientos y fomentar la cultura científica. La formación científica tradicional desatiende las habilidades comunicativas de los estudiantes; tal que la mayor parte de los comunicadores de la ciencia se han formado en diplomados, con una formación científica o periodística previa. Las herramientas necesarias para una comunicación efectiva con no-científicos deberían enseñarse desde la universidad; sin embargo, en México todavía no ha implementado un programa semejante. Afortunadamente, en algunos centros de investigación se han implementado programas para atender este problema; Terramóvil es un programa de divulgación de la ciencia del Instituto de Geología de la UNAM en el que participan estudiantes universitarios de carreras afines a ciencias de la Tierra, quienes imparten talleres de divulgación de la ciencia a niños, jóvenes y adultos en escuelas o eventos culturales. Con datos de una encuesta aplicada a los talleristas del programa Terramóvil, mostramos que las habilidades de comunicación adquiridas durante su voluntariado, integradas con la experiencia en investigación y enseñanza universitarias, tienen un gran impacto en la carrera profesional y en la forma de entender el mundo de los voluntarios: cambian su perspectiva sobre el significado y el impacto de la ciencia, adquieren mayor conciencia social, desarrollan habilidades de comunicación y son exitosos en el ámbito académico.

SE04-8

## OCEANOGRAFÍA FÍSICA CONTEMPORÁNEA: IMPLICACIONES DEL AUMENTO DE RESOLUCIÓN DE LA ALTURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR OBSERVADA DESDE EL ESPACIO

Gómez Valdés José<sup>1</sup> y Torres Gutiérrez Héctor Salvador<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
<sup>2</sup>Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology  
jgomez@cicese.mx

Los avances científicos y tecnológicos de la última década vaticinan que la primera revolución en oceanografía física del siglo XXI comenzará en la próxima década (2020-2030). Por ejemplo, el descubrimiento de inestabilidades de la capa de mezcla debidas a gradientes laterales de densidad es un avance científico substancial y la disponibilidad de vehículos autónomos no tripulados en las campañas oceanográficas es un avance tecnológico valioso. En este ensayo, analizamos los avances científicos que se han generado en esta disciplina con la misión Topex/Poseidon de las agencias CNES/NASA y las implicaciones de la misión SWOT (Surface Water and Ocean Topography) de las mismas agencias. La misión de altimetría satelital de alta precisión de las agencias CNES de Francia y NASA de los Estados Unidos denominada Topex/Poseidon fue catalogada como "El experimento oceanográfico más exitoso de todos los tiempos" por el renombrado científico Walter Munk. La misión inició en 1992 con el objetivo de observar las ondulaciones de la altura de la superficie del mar (SSH, por sus siglas en inglés) de todos los océanos a un rango de escalas mayor a 100 Km. Con más de 25 años de observaciones satelitales de la SSH ha sido posible demostrar que los océanos

son completamente turbulentos, que los modelos numéricos de baja resolución no tienen la capacidad de estimar correctamente la energía de los océanos y que la abundancia de los remolinos de mesoescala (50-100 Km) es mucho mayor de lo que se estimaba antes de la misión. La misión SWOT de las agencias CNES y NASA, programada para iniciar en 2021, proporcionará datos de las ondulaciones de la SSH a una resolución de 15 Km en el 68 % de los océanos. Una de sus aplicaciones oceanográficas será validar los resultados teóricos y numéricos de la última década sobre los movimientos a nivel submesoescala (10-50 Km) y su impacto en los de mesoescala. Otra aplicación, no menos importante, será dilucidar la importancia relativa de los movimientos rápidos (por ejemplo, ondas internas) y los movimientos lentos (por ejemplo, remolinos) en la dispersión de contaminantes. Los esfuerzos en estas dos líneas de investigación impactarán los estudios del clima de la Tierra, ya que hay evidencias de que los flujos verticales de calor son 5 o 10 veces mayores en fenómenos de submesoescala que en fenómenos de mesoescala. La misión tiene también como objetivo proporcionar datos para calcular el agua almacenada en lagos, presas, humedales y ríos. Las científicas y los científicos responsables de la misión SWOT escribieron una nota de divulgación en el boletín EOS (100, 4, 2019) de la American Geophysical Union en la que convocan a oceanógrafos, limnólogos e hidrólogos a colaborar con el proyecto en su fase de validación que se llevará a cabo en 2021. Sin lugar a dudas, tenemos ante nosotros una gran oportunidad de hacer ciencia de frontera.

SE04-9

## METEOROLOVE: CRÓNICAS DE LA ATMÓSFERA

Ledesma Ledesma Juana Idalia<sup>1</sup>, Pilatowsky-Gruner Raiza<sup>2</sup> y Bastien-Olvera Bernardo A.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Universidad de California Davis  
ledesma2@ciencias.unam.mx

Los fenómenos hidrometeorológicos siempre han estado rodeados de mitos, generados muchas veces por medios de comunicación que buscan un título llamativo para su nota, denominando bestias, monstruos o insinuando catástrofes al puro estilo Jumanji, haciendo referencia al paso de un Ciclón Tropical, o vemos videos de los grandes Tornados en las Grandes Planicies de Estados Unidos y creemos que es una escena de ficción de una película de acción, sin embargo nadie nos explica por qué ocurren estos fenómenos y si realmente son bestias queriendo atacar. Por esta razón creamos METEOROLOVE: Crónicas de la atmósfera, como un medio de cocreación de contenido audiovisual relacionado con las Ciencias de la Atmósfera y Fenómenos Hidrometeorológicos a los que somos vulnerables, con el fin de generar una sociedad informada y resiliente, mediante la interacción con usuarios de redes sociales. donde se hacen preguntas a la comunidad de seguidores de Facebook, Instagram y Twitter, para identificar el nivel de conocimiento o desconocimiento de un tema en particular, y poder desmentir mitos y explicar conceptos de una manera más dinámica, divertida y simple. METEOROLOVE forma parte de Planeteando: los blogs más chidos del Planeta Tierra.

SE04-10

## IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA RECARGAR EL ACUÍFERO: PROYECTO DE DIVULGACIÓN DIRIGIDO A JÓVENES DE LA ALCALDÍA MILPA ALTA, CIUDAD DE MÉXICO

Lara Montiel Ilce Tlanezi y Siebe Grabach Christina D.  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
ilcetanzezi@ciencias.unam.mx

El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para los habitantes de la Ciudad de México. Pero los acuíferos cuya recarga ocurre en las zonas boscosas de la ciudad, como las Sierras de las Cruces, Ajusco y Chichinauhtzin se encuentran sobreexplotados. Para que los suelos de estas zonas puedan cumplir su función satisfactoriamente de infiltrar el agua pluvial y recargar el acuífero es necesario que no se encuentren sellados, es decir cubiertos por algún tipo de infraestructura como casas, edificios, vialidad, patios, estacionamientos o banquetas. En el año 2000 la alcaldía Milpa Alta tuvo la tasa más elevada de crecimiento poblacional (4.32% en el periodo 1990-2000) y asentamientos irregulares, los cuales además abarcaron una parte de la Sierra Chichinauhtzin, por lo anterior es de suma importancia comunicar la relevancia de limitar el sellamiento y conservar las zonas boscosas para que sigan aportando el servicio de infiltración de agua. Pero para comunicar este tema se debe generar en el público receptor una actitud proactiva para su solución. El diseño de la estrategia de divulgación requiere de analizar la percepción de los jóvenes de la alcaldía sobre el tema, incluyendo no solo sus conocimientos, sino también sus sentimientos y actitudes respecto al tema de la conservación de las funciones ecológicas de los suelos. En el trabajo se presentarán primeros resultados de encuestas aplicadas a jóvenes milpalteños entre 15 y 16 años que se encuentren estudiando el primer año de bachillerato. Los resultados son útiles porque permitirán saber qué comunicar y de qué forma para generar una actitud positiva y de participación en los jóvenes para la conservación de estos suelos.

SE04-11

## LA IMPORTANCIA RELATIVA DE CONCEPTOS ERRÓNEOS EN LA COMPRESIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTUDIANTES MEXICANOS

Bastien-Montoya Gustavo M.<sup>1</sup>, Bastien-Olivera Bernardo A.<sup>2</sup>, Pilatowsky-Gruner Raiza<sup>2</sup> y Gay García Carlos<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana  
<sup>2</sup>Universidad de California Davis  
<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
 mbastien@azc.uam.mx

Los conceptos erróneos del conocimiento son razonamientos incorrectos profundamente arraigados que impiden el aprendizaje. En cambio climático, se han estudiado conceptos erróneos para enmendar la comprensión del campo, particularmente en los estudiantes. Algunos de los conceptos erróneos más dominantes están relacionados con malentendidos de la capa de ozono, el efecto invernadero y el concepto de calentamiento global. Sin embargo, existe un conocimiento muy limitado sobre cómo se relacionan los conceptos erróneos entre sí y si existen diferentes niveles de importancia entre ellos. Aquí mostramos que existen conceptos erróneos particulares del cambio climático que funcionan como predictores de malentendidos generales sobre el tema. Hacemos esto mediante el análisis de encuestas aplicadas a estudiantes universitarios sobre el cambio climático utilizando métodos de bosques aleatorios. Estos resultados nos permiten identificar las ideas clave con las que los estudiantes batallan más. Además, estos métodos podrían aplicarse para construir un diseño más centrado de los planes de estudio sobre cambio climático.

SE04-12

## APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN TIC, PARA PROPORCIONAR INFORMACIÓN DEL ÁREA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA Y VISUAL EN EL MUSEO DE GEOLOGÍA, UNAM

Flores Ramos Graciela Rosario<sup>1</sup> y Irasaba Avila Oscar<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM, IGL  
<sup>2</sup>Museo de Geología del Instituto de Geología, UNAM, IGL  
 rosario@geologia.unam.mx

Las Ciencias de la Tierra, representan un área estrechamente relacionada con el ambiente y la sociedad, donde se analiza el impacto que genera la actividad humana en el planeta y su entorno, esa articulación de los diferentes aspectos de los sistemas: Tierra-ambiente-agua-atmósfera y su relación con la sociedad. En el campo de la ciencia básica, la interrelación entre la Tierra y los procesos que ocurren en el espacio exterior y los diferentes cuerpos del Sistema Solar, proporciona elementos que permiten vislumbrar aspectos del pasado y el futuro del planeta. Esta interacción, me ha hecho reflexionar, hacer un análisis y concluir que la información de las Ciencias de la Tierra y de los fenómenos que surgen día a día en nuestro planeta, no es tan accesible para la sociedad, y se vuelve menos accesible aún para las personas con discapacidad: Visual, auditiva, motriz, intelectual y psicossocial, se desconoce al respecto, no hay material de divulgación, y mucho menos de educación en este campo, para este sector de la población. De esta situación, nos percatamos en el 6° Encuentro con la Tierra celebrado el 22 de abril de 2018, en el Museo de Geología en Santa María la Ribera, en donde se hizo una invitación para asistir a este evento al Centro de Atención a Estudiantes con Discapacidad CAED No 4 "José María Rico", y tuvimos una asistencia de 30 estudiantes de Nivel Medio Superior con discapacidades principalmente, auditiva y visual, la sorpresa fue, no tenemos material de difusión de las Ciencias de la Tierra para personas con discapacidad y no hay manera de comunicar o transmitir la información a las personas sordas y mucho menos a personas ciegas. Así, surge el proyecto con el título de este resumen, teniendo como principal objetivo: Integración de las personas con discapacidad visual y auditiva a las Ciencias de la Tierra utilizando como enlace las TICs y elementos multimedia haciendo posible poner al alcance de cualquier usuario la información de diversas áreas y en este caso realizar la difusión de las Ciencias de la Tierra y la interacción con las personas con discapacidad. Incluir a las personas con discapacidad en las áreas de las Ciencias de la Tierra, abre un panorama para ellos desconocido, pero, rico en conocimientos, generándoles alegría, sorpresa, asombro, admiración, conocer ¿qué es una roca?, ¿Cómo nace un volcán?, las propiedades y usos de un mineral, ¿por qué se extinguieron los dinosaurios?, ¿cómo se componen los suelos?, la importancia del agua, el cambio climático, etc., etc., por lo que es importante aprender de ellas y adquirir las habilidades y poder transmitir los conocimientos de estas áreas a este público cuya sensibilidad es especial. El alcanzar el resultado de esta integración es un proceso arduo, sin embargo, con la colaboración de la comunidad científico-cultural, en este caso, del personal del Museo de Geología y de los CAEDS, se ha logrado, de acuerdo con las metas del proyecto.

SE04-13

## RETENCIÓN DE APRENDIZAJE CON VIDEOS SOBRE CIENCIAS DE LA TIERRA EN ADOLESCENTES

Alaniz Álvarez Susana A., Nieto Samaniego Ángel Francisco, Mesino Hernández Juan Carlos, Sánchez Sánchez Janet y Hernández Díaz Laura Fabiola  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 alaniz@geociencias.unam.mx

La enseñanza de ciencias de la Tierra (CT) en la educación básica y media en México todavía es incipiente. Con el propósito de apoyar la enseñanza de CT, en el Centro de Geociencias elaboramos dos videos, uno sobre la Deriva Continental y el segundo sobre la Edad de la Tierra. Los dos videos tienen una duración de 30 minutos. El primer video, "A la Deriva" (<https://www.youtube.com/watch?v=bH0b4z0vc58&t=82s>), gira sobre la pregunta ¿Por qué se mueven los continentes?, que se plantea en un ambiente doméstico, y la cual se contesta con apoyo de dos científicos. Al inicio del video una mamá y su hijo discuten la existencia o no de Pangea con los argumentos que se planteaba Alfred Wegener hace cien años. Posteriormente se explican las diferencias entre masa y peso, densidad y viscosidad, diversos tipos de transferencia de calor, y distintos tipos de composición de las capas de la Tierra. El segundo video, "La edad de la Tierra" (<https://www.youtube.com/watch?v=ErEhc3H3ic8&t=1213s>), plantea las diversas hipótesis que se han formulado para calcular la edad de la Tierra y se dan los argumentos a favor y en contra de cada una. Para probar si se logró aprendizaje se elaboraron dos cuestionarios exproceso. El video "A la Deriva" se proyectó a más de 3300 estudiantes de secundaria. Las principales conclusiones fueron que la mayor ganancia de aprendizaje se dio en estudiantes de 14 años, que 32 % obtuvo una ganancia >0.3, lo cual se considera muy bueno considerando una instrucción de media hora. Un segundo análisis mostró que las niñas púberes retienen significativamente mejor que los niños los conceptos que se enseñan con humor, y un tercer análisis mostró que, de secundaria, las niñas retienen más a corto plazo, mientras que los niños retienen más a mediano plazo. El video La Edad de la Tierra se proyectó a 584 adolescentes de 5 secundarias públicas del estado de Querétaro. El propósito fue ver cuánto podían retener del video los estudiantes después de varios días. El cuestionario consistió en 7 preguntas por cada una de las 6 hipótesis presentadas. Los resultados muestran que el promedio de aciertos, el mismo día después de ver el video, fue de 76 %, y bajó a 66 % entre 4 y diez días después de ver el video. La retención entre el primer día y varios días después fue de más de 90 % en estudiantes de 1° de secundaria, de cerca de 84 % en los de 2° y 3° de secundaria. Los resultados muestran que los videos son una fuente fiable de enseñanza de temas muy interesantes en las CT; y que su formato es adecuado para ser proyectados en aulas o en auditorios. Recomendamos el video "A la Deriva" para estudiantes desde 5° de Primaria y secundaria y el de "La Edad de la Tierra" para secundaria y bachillerato.

SE04-14

## ENSEÑANZA DE CONTENIDOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN LENGUA EXTRANJERA PARA NIÑOS

Badillo-Avilés Shendel Gricell<sup>1</sup> y Sánchez-Beristain Francisco<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Maestría en Enseñanza del Inglés como Lengua Extranjera (MEIL), CEPES Campus Zitácuaro  
<sup>2</sup>Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM  
 shendel@mail.com

Se plantea el desarrollo de un proyecto que tiene como finalidad la adquisición de contenidos de distintas disciplinas de las Ciencias de la Tierra en lengua extranjera por parte de niños de Educación Básica. Estos contenidos serán transmitidos a los escolares por medio de material didáctico basado en libros que abordarán ciertos temas, como pudiesen ser: "Volcanes", "Fósiles y Paleontología", "Géiseres", "Viaje al espacio" y "Los misterios del interior de la Tierra". El contenido de cada uno de estos libros se resumirá en historietas breves que incluirán dibujos y ciertas palabras clave relacionadas con los temas en cuestión, mismas que serán traducidas a tres lenguas extranjeras: Inglés, Alemán y Francés. De acuerdo al modelo psicoeducativo constructivista, este tipo de estrategias puede generar "andamiajes cognitivos" que han sido aplicados con éxito tanto para el aprendizaje de lenguas extranjeras de manera simultánea como para promover la sumersión del escolar en un entorno científico incipiente.

SE04-15

## LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS A TRAVÉS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO TEMA INTEGRADOR: UNA PERSPECTIVA HACIA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

García Jiménez Alejandro Jair  
 Facultad de Ciencias, UNAM  
 alejandro.jair@gmail.com

Actualmente la humanidad enfrenta grandes retos a nivel social, económico y ambiental, siendo el cambio climático el mayor desafío de nuestro tiempo. Bajo este panorama los esfuerzos no deben limitarse al desarrollo de la ciencia y la tecnología, sino que deben contemplar el desarrollo de la educación como motor del cambio social, ya que la resolución de estos problemas requiere de una sociedad

participativa y mejor informada que sea capaz de tomar decisiones con base en la evidencia. En este sentido, la Secretaría de Educación Pública (SEP) junto con el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, buscan renovar el paradigma de la educación en ciencia mediante la enseñanza del cambio climático como tema integrador, así como el desarrollo de nuevas capacidades docentes basadas en la indagación. El objetivo es que los alumnos fortalezcan la estructura de su pensamiento y hagan de la ciencia parte esencial de su vida, y a la vez conformen una ciudadanía más consciente capaz de incidir desde una perspectiva integral en los problemas actuales que tenemos.

SE04-16

### MÉTODO PARA EL CONTEO DE PUNTOS EN LÁMINA DELGADA A TRAVÉS DEL USO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

Luna González Laura, Morán Zenteno Dante Jaime y Ortega Gutiérrez Fernando  
*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM*  
 laluna@unam.mx

Los procedimientos para conteo de puntos en el microscopio petrográfico para la clasificación modal de las rocas han representado un elemento metodológico que consume tiempo y presenta con frecuencias sesgos inherentes al observador. Uno de los problemas principales es que después de un conteo, la supervisión de otro observador no puede volver exactamente a los mismos puntos de observación. Por otra parte, se introducen errores debido a la imposibilidad de girar la platina cuando se instala un contador con motor, lo que impide reconocer con veracidad minerales que se encuentran en posición de extinción. Uno de los elementos más limitantes de los procedimientos tradicionales es la imposibilidad de tener un mapa de la sección delgada que nos muestra patrones de distribución de los minerales formadores de roca y rasgos de desequilibrio con relación al conteo que se hizo. Como parte de un proyecto del Programa de Apoyo al Mejoramiento de la Educación (PAPIME) de la UNAM, se desarrolló un nuevo procedimiento para hacer el conteo de puntos con un sistema de información geográfico. En este caso se utilizó el ArcGis pero se puede usar cualquier otro sistema. El procedimiento comprende la generación de imágenes de la sección delgada completa, a través del uso de un scanner de alta resolución para diapositivas. Las imágenes se generan con luz paralela y con nicoles cruzados. Para lograr esto se utilizan acetatos con polarización de alta calidad que se introducen junto con la lámina en el escáner. Una variante más económica para estudiantes es que la imagen se capture a través de un teléfono celular. Las imágenes capturadas en diferentes posiciones de extinción son llevadas a capas de un sistema de información geográfica a través de una georreferenciación con respecto a un sistema ortogonal de líneas y vértices. El conteo de puntos se lleva a cabo en todos los vértices, para los cuales se genera un punto para cada uno con un símbolo o color que indique la identidad. Cada punto, como ocurre en los sistemas de información normales. Los atributos de cada punto pueden incluir la identidad del mineral y algunas de sus características. La ventaja de este método con respecto al tradicional es que un supervisor puede volver a cada punto y revisar su identificación. Adicionalmente se puede observar cada mineral en diferentes posiciones angulares, al encender y apagar diferentes capas del sistema de información geográfico. El elemento más útil del uso de un sistema de información geográfica es que se puede lograr, a través de la georreferenciación, una sobreposición exacta de las imágenes capturadas en diferentes posiciones de extinción.

SE04-17

### EL GEOPARQUE “PEÑA DE BERNAL Y TRIÁNGULO SAGRADO DE QUERÉTARO, MÉXICO”: ASPIRANTE PARA LA RED GLOBAL DE GEOPARQUES, UNESCO

Vázquez-Alarcón Geraldine Verónica<sup>1</sup> y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 geraldinevazal@ciencias.unam.mx

Un geoparque es una zona de herencia geológica unificada por sus atractivos naturales con características únicas en el Mundo, donde los sitios de interés y paisajes son gestionados mediante un concepto integrador holístico que abarca, 1) la protección de área establecida para geoparque, 2) la educación e información para el visitante y la población de la localidad, y 3) el desarrollo sustentable de la zona promoviendo el progreso socio-económico mediante estrategias de conservación de los recursos naturales. México cuenta con dos geoparques inscritos en la Red Global de Geoparques UNESCO [www.globalgeopark.org/](http://www.globalgeopark.org/), el de la Comarca Minera en Hidalgo, y el de la Mixteca Alta en Oaxaca. El Centro de Geociencias (CGEO) de la UNAM ha sometido a esta red un nuevo proyecto de geoparque en México, titulado “La Peña de Bernal y el Triángulo Sagrado de Querétaro”, el cual se ubica en la parte centro-sur del Estado de Querétaro, y que incluye al Triángulo Sagrado de las culturas Otomí-Chichimeca que tiene como vértices a la Peña de Bernal por el sur, al volcán El Zamorano por el poniente, y al Cerro El Frontón por el oriente <http://132.248.142.103/cgeo1/index.php/geoparque-bernal/>. El nombre del geoparque se debe al mejor conocimiento de la Peña de Bernal, Monumento Natural del Estado de Querétaro y patrimonio inmaterial UNESCO desde el 2009 y por la relevancia cultural y de tradiciones de las culturas indígenas en Querétaro. El geoparque cuenta con la participación y apoyo de las secretarías

de Cultura y Turismo del Estado de Querétaro, del Laboratorio Nacional de Visualización (LAVI-UNAM), la Facultad de Ciencias de la UAQ, el Jardín Botánico CONCYTEQ de Cadereyta, y el Parque Nacional El Cimatario, entre otros, así como con estudiantes participantes de la UMDI-FC-UNAM. El geoparque incluye cuatro temas fundamentales y de interés para la población en general, 1) geología, 2) biodiversidad, 3) astronomía, y 4) cultura y tradiciones. En el tema de la geología, el CGEO ya cuenta con la información geológica que se requiere tanto para la Peña de Bernal, como para toda el área comprendida en el geoparque, que incluye aspectos geoturísticos de gran interés, como los domos de ópalo de Tequisquiapan, la caldera de Amazcala, y una parte de la Sierra Gorda Queretana. Este geoparque cuenta con una gran diversidad geológica por ubicarse en la intersección de tres provincias importantes, la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, y el Cinturón Volcánico Mexicano. Sobre biodiversidad se cuenta con sitios interesantes, en particular el semidesierto y bosque de alta montaña. En astronomía, existen sitios apropiados para observar el cielo nocturno. En cultura y tradiciones, la región es rica en fiestas, ceremonias, tradiciones, arquitectura y gastronomía. El geoparque cubre un área de 6,303 km<sup>2</sup>, y al momento cuenta con 53 geositiros.

SE04-18

### EL IGEF-UNAM: 70 AÑOS INSPIRANDO A LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Martínez Jesus Daniel y Cortina Urrutia Lucila Margarita  
*Instituto de Geofísica, UNAM, IGEF*  
 comunicacion@igeofisica.unam.mx

En 1945 el ingeniero Ricardo Monges López observó la necesidad de nuestro país de contar con recursos humanos especializados en temas de Geofísica para ofrecer soluciones a los problemas que en estas áreas enfrentaría ineludiblemente la nación. De ahí su visión para proponer a la Junta de Gobierno de la UNAM la creación de un instituto de investigación, que además de estudiar los diversos fenómenos alusivos a las geociencias, fuera útil también para formar a los especialistas necesarios en este campo. Cinco años después de su creación los pioneros de la geociencias contaron con las instalaciones necesarias para comenzar a generar ideas, proyectos y nueva infraestructura para consolidar a la incipiente disciplina en el ámbito científico del país. Han transcurrido ya 70 años desde entonces y los frutos generados por el Instituto de Geofísica de la UNAM (IGEF-UNAM) se pueden destacar y señalar como parte del progreso y evolución de México. El Instituto de Geofísica de la UNAM ha generado un grupo de investigación sísmológica, considerado entre los más importantes e influyentes del país. En las tareas de investigación del IGEF destacan sus proyectos de gran impacto social, como lo es el estudio de los hundimientos de las ciudades, los procesos físicos y químicos de las erupciones volcánicas y sus efectos, tanto ambientales como sociales. Su grupo de investigación en ciencias espaciales ha desarrollado nuevas teorías y modelos, y encontrado explicación a fenómenos observados en la relación Sol-Tierra. En sus líneas de investigación ha promovido el estudio de las aguas subterráneas, en respuesta a la necesidad de nuestro país de explorar y conocer el estado de sus acuíferos. Ha fomentado la investigación para generar nuevos conocimientos que conduzcan a la utilización de energías alternas como la geotermia y la radiación solar. Así como para mejorar el aprovechamiento de los recursos del país en hidrocarburos y yacimientos minerales. Su grupo de estudio y evaluación del recurso solar se encuentra a la vanguardia en nuestro país y es un referente obligado para cualquier actividad que se relacione con la medición de la radiación solar. En años recientes la evolución de los trabajos del Instituto se ven reflejados en la creación de nuevas áreas para responder a las tendencias y necesidades actuales de nuestra sociedad. Así, surgen nuevas unidades de apoyo al trabajo académico, entre ellas la de Educación Continua y a Distancia y la de Comunicación Social, mismas que han hecho posible la formación de un área creativa para proveer de contenidos multimedia y de diseño editorial a las plataformas digitales que utilizamos para difundir ampliamente los resultados de los geocientistas del IGEF-UNAM. De esto hablaremos en esta ocasión en que la UGM ostenta como su slogan: Geociencia y Sociedad. Palabras Clave: Geociencias, Impacto Social, IGEF-UNAM.

SE04-19

### HACIA UNA CULTURA CLIMÁTICA EN MÉXICO. ACCIONES DESDE EL INECC

Ramírez Carla  
*Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC*  
 carla.ramirez@inecc.gob.mx

Enfrentar el cambio climático a nivel global y específicamente en México requiere el desarrollo de una cultura climática que se traduzca en valores, conciencia, conocimiento, cambios de comportamiento y actitudes en la población, que ayuden a disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia ante este fenómeno. Hablar de una cultura climática implica la inclusión de estrategias de comunicación y divulgación efectivas, campañas masivas de comunicación, proyectos educativos en los diferentes niveles educativos, generar una participación social corresponsables y la elaboración de normas. De acuerdo con la encuesta de percepción realizada para la Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático (INECC y PNUD, 2017), el 89% de los encuestados afirmó haber escuchado sobre el cambio climático, pero sólo el 39% tenía conocimiento real sobre el tema, y es la población que considera al cambio climático como un tema prioritario para México es la más escolarizada o

la de menor edad. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) ha llevado a cabo diversas acciones para contribuir al desarrollo y fortalecimiento de una cultura climática en México, a través de la difusión y divulgación del conocimiento en foros nacionales como internacionales, de publicaciones en diversos medios de comunicación nacional, del desarrollo de plataformas digitales y exposiciones permanentes y temporales, campañas de sensibilización en medios masivos de comunicación, la realización de encuentros participativos con niñas, niños y adolescentes y el desarrollo de manuales para docentes y estudiantes de nivel secundaria. Así mismo, el INECC colabora con el blog Planeteando, a través de una serie de cápsulas informativas para plataformas digitales y distribución en redes sociales con el fin de explicar en formatos atractivos para jóvenes el efecto invernadero, la relación entre océanos y clima y la acidificación de los océanos.

SE04-20

## GEOSITOS DEL ASPIRANTE A GEOPARQUE “PEÑA DE BERNAL Y TRIÁNGULO SAGRADO DE QUERÉTARO, MÉXICO”

Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús<sup>1</sup> y Vázquez Alarcón Geraldine Verónica<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Centro de Geociencias

ger@geociencias.unam.mx

El Geoparque UNESCO “La Peña de Bernal y el Triángulo Sagrado de Querétaro” ya está incluido en categoría de Aspirante en la Red de Geoparques de Latinoamérica y El Caribe de la UNESCO (<https://mvdunescoigpp.shinyapps.io/GeoparqueMundialesDeLaUNESCOenLAC/>). El geoparque cubre un área de 6,303 km<sup>2</sup> y cuenta con 53 geositos distribuidos en 10 municipios del Estado de Querétaro. La principal atracción es la Peña de Bernal que con mediciones en Aguirre-Díaz et al. (2013 Geosphere) resulta ser probablemente el monolito más alto del mundo (433 m), y es definido como un domo dacítico tipo espina de 8.7 Ma. El geoparque se ubica en la intersección de las provincias geológicas Sierra Madre Oriental (cordillera plegada del Mesozoico), Sierra Madre Occidental (volcanismo del Terciario medio), y el Cinturón Volcánico Mexicano (faja volcánica del Neógeno-Cuaternario). Entre los geositos se incluyen a: la Sierra Gorda de Querétaro, con espectaculares estructuras plegadas, cabalgaduras, grutas, y secuencias sedimentarias marinas del Mesozoico; El Cerro El Frontón, que contiene a las rocas más antiguas del geoparque del Triásico (240 Ma), y está coronado por un domo dacítico del Mioceno; el volcán La Joya de 11-10 Ma con el parque ecológico La Barreta en el borde del cráter; el volcán Zamorano, la montaña más elevada del estado; los domos riolíticos del Mioceno-Plioceno de Tequisquiapan con ópalos de calidad mundial; la caldera de Amacala de 7.3-6.6 Ma y productos asociados incluidos domos con obsidiana formando su anillo; el cañón de Zúñigas que expone la secuencia de ignimbritas de la caldera de Amealco de 4.7 Ma; el Jardín Botánico de Cadereyta y su cantil formado en el borde de un domo riolítico tipo colada con su base autobrechada; el Parque Nacional El Cimatario, símbolo de la Ciudad de Querétaro, consistente en un volcán escudo de lavas máficas de 5.6 Ma; la Cantera Escalísticas, con ignimbritas negra y rosa claro de 5.5 Ma de la caldera de Apaseo utilizadas como roca ornamental con calidad de exportación; la bahía La Isla en el lago de Zimapán mostrando secuencias de calizas cretácicas, depósitos lacustres miocenos, y lavas rojizas miocenas del volcán Cerro Colorado en un paisaje rocoso de semidesierto. Para cada geosito se ofrecerá una descripción que se publicará en la guía y mapa del geoparque, tanto de forma impresa como de forma digital. Los geositos contarán con diferentes tipos de señalamientos, ya sea como paneles en miradores, banderas tipo poste con el número de geosito, carteles montados en estructuras resistentes, rutas de senderismo y escalada señalizadas, y salas de exhibición. Se capacitarán a guías de cada localidad para que brinden a los visitantes explicaciones veraces del geosito y por lo cual obtendrán un ingreso. Así el visitante obtendrá información que hará su recorrido más interesante y educativo, y el guía y otros prestadores de servicios locales se beneficiarán económicamente realizando actividades de manera sostenible, promoviendo la protección del entorno natural y el desarrollo social y económico de la región.

SE04-21

## UNA NUEVA FUNCIONALIDAD EN TERRA DIGITALIS: DESCARGA LOS DATOS DE LOS MAPAS PUBLICADOS

López-Quiroz Penélope<sup>1</sup>, Osorno-Covarrubias Francisco Javier<sup>2</sup> y Ferrari Luca<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geografía, UNAM

penelope@geociencias.unam.mx

La revista Terra Digitalis es un e-journal internacional, arbitrado y editado por los Institutos de Geografía, Geología, Geofísica y los Centros de Geociencias y de Investigaciones en Geografía Ambiental de la UNAM, cuyo propósito es proveer un foro para la publicación y consulta de mapas temáticos relacionados con las Ciencias de la Tierra, la Atmósfera y la Geografía, entre otras disciplinas, con el objetivo de facilitar la distribución en línea de trabajos cartográficos digitales y su reconocimiento como productos científicos, auxiliares en el proceso de enseñanza y difusión de la ciencia. Terra Digitalis está próxima a cumplir 3 años de publicar mapas en todos sus formatos: estáticos (PDF), interactivos y dinámicos (2D y 3D – construidos con SIG),

así como colecciones de datos. La revista cuenta con ISSN y todos sus materiales tienen asociado un DOI. Terra Digitalis forma parte de un conjunto muy reducido de revistas cuyo propósito principal es publicar mapas; adicionalmente es la única en el mundo que publica mapas en línea interactivos y dinámicos (2D y 3D). Actualmente la revista está en el proceso de evaluación para su indexación en SCIELO y Web of Science. Con el objeto de permitir un mayor uso y aprovechamiento de los trabajos publicados, Terra Digitalis presenta, a partir de este mes, una nueva funcionalidad que posibilita la descarga de los datos que componen los mapas (interactivos o dinámicos) en línea, lo cual permite la realización de elaboraciones propias. Los datos (de tipo vectorial o ráster) pueden descargarse en múltiples formatos como GeoTIFF, Shapefile, CSV y KML, entre otros. Para mayor información visite el sitio: [terradigitalis.unam.mx](http://terradigitalis.unam.mx)

SE04-22

## UNDÉCIMA OLIMPIADA EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA FACIMAR DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA

Gaviño Rodríguez Juan Heberto, Torres Orozco Ernesto y Reyes Herrera Ezequiel Alejandro  
Universidad de Colima, UCOL  
jgavinho@gmail.com

En la onceava edición de la Olimpiada en Ciencias de la Tierra en la Facultad de Ciencias Marinas (FACIMAR), se contó nuevamente con el apoyo de la Unión Geofísica Mexicana para el desarrollo de los reactivos y el otorgamiento de premios como en otras ocasiones. La finalidad de esta actividad ha sido el fomentar el interés de la comunidad estudiantil en el estado de Colima en temas relacionados con las Ciencias de la Tierra, y también incrementar la matrícula en las carreras de oceanología e ingeniería oceánica que se imparten en la institución. Se invitó al alumnado de los 32 Bachilleratos de la Universidad de Colima y a todas las instituciones de educación media superior del estado de Colima. Se inscribieron por medio de Internet 140 alumnos de las diversas instituciones, de los cuales 127 (61 mujeres y 66 hombres) presentaron el examen el día del evento. La prueba consistió en 110 reactivos de opción múltiple como en otras ocasiones, estos se seleccionaron del compendio de preguntas extraídas de los exámenes que viene realizando el CICESE desde 1998, toda la información se colocó a disposición en el portal web de la FACIMAR para su descarga. El promedio de aciertos fue de 36.7 lo cual es inferior a lo observado 2012-18, cuando se han registrado promedios de 47, 49, 43, 42, 42, 41 y 43 # la moda se ubico en 36, el mayor puntaje alcanzado fue de 69, el cual está en la cota inferior respecto a pruebas pasadas (74, 86, 74, 68, 77, 68, 70 aciertos) y el mínimo de 15. Se presenta el mismo comportamiento que los años anteriores, distinto al de los iniciales donde se apreciaban los altos puntajes asociados a menor tiempo, esto se refleja en el bajo índice de correlación (0.11) entre el puntaje obtenido y el tiempo de termino. El tiempo promedio requerido para resolver la prueba fue de 99 minutos con un tiempo mínimo de 61min y máximo de 120 min, estos valores indican que los alumnos emplearon un mayor tiempo en relación a las olimpiadas anteriores. Las instituciones más participativas fueron los Bachilleratos #5(15), #24(14), #4,#14,#34(13), de la Universidad de Colima en esta ocasión# los primeros lugares correspondieron al Bachillerato #4 (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8), #9 (6), #13(9)

SE04-23

## PROYECTOS MULTIDISCIPLINARIOS: UNA NUEVA VISIÓN

Cortina Urrutia Lucila Margarita, Hernández Hernández Mario  
Alberto, Cortés Silva Alejandra y Lezama Campos José Luis  
Instituto de Geofísica, UNAM  
lucila@geofisica.unam.mx

El grupo GIGIAS (Grupo Interdisciplinario de Gestión Integral de Aguas Subterráneas) se crea con la participación de investigadores de los Institutos de Geofísica y Geología de la UNAM. El principal objetivo del grupo GIGIAS es el estudiar los procesos, la administración y el desarrollo coordinado del agua subterránea, en respuesta a la necesidad de nuestro país de explorar y conocer el estado de sus acuíferos para ofrecer soluciones a los problemas que en estas áreas enfrenta ineludiblemente la nación. El grupo GIGIAS observa también la necesidad de nuestro país de contar con recursos humanos actualizados y especializados en este tema. De ahí su visión para proponer a la Unidad de Educación Continua y a Distancia (UECyD) del Instituto de Geofísica de la UNAM (IGEF-UNAM) su participación para desarrollar programas de capacitación y actualización presencial y a distancia con los contenidos a partir de sus conocimientos y experiencias. Estos programas incluyen diplomados, cursos y seminarios que serán dirigidos a responsables de organismos operadores del agua, especialistas y estudiantes en Ciencias de la Tierra. En consecuencia, surge la propuesta de diseñar programas para difundir tanto la experiencia como las técnicas de los contenidos generados por el grupo GIGIAS a través del desarrollo de proyectos de investigación. Finalmente, con esta iniciativa se pretende articular un vínculo entre la ciencia y la sociedad. Palabras Clave: Gestión, agua subterránea, educación continua, multidisciplinaria, sociedad

SE04-24

## EL ROL DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA FRENTE A LOS DESAFÍOS GLOBALES

Vidal Aguirre Valeria y Cuéllar Ramírez Palmira  
Red Latinoamericana de Ciencias Atmosféricas y Meteorología, RedLATM  
vva@ciencias.unam.mx

La diplomacia científica y la interfaz ciencia-política son dos términos diferentes que describen a dos vertientes de la ciencia, las cuales permiten construir puentes de comunicación entre la comunidad científica y los tomadores de decisiones, asegurando así la generación de soluciones basadas en evidencia. Las conferencias realizadas bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Foro de Ciencia, Tecnología e Innovación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible son algunos de los múltiples espacios internacionales de interacción entre científicos y tomadores de decisiones. En estos espacios las geociencias tienen un amplio campo de oportunidades para asesorar a los estados, establecer lazos con la comunidad científica de otras naciones y para posicionar la importancia de impulsar el desarrollo de estas disciplinas científicas. La diplomacia científica y la interfaz ciencia-política han sido elementos cruciales para que la academia haya comenzado a apropiarse de los espacios que en un principio solamente solían ser ocupados por actores gubernamentales. No obstante, la participación de la academia está determinada por un fuerte componente geográfico: los países con un mayor índice de desarrollo suelen tener una mejor representación de su comunidad científica en los foros internacionales, mientras que la ciencia de los países en desarrollo tiene poca o nula presencia en dichos espacios. Ante la inminencia del cambio global, la implementación y coordinación acciones a todos los niveles requiere de establecer una nueva relación ciencia-política y ciencia-ciencia que permita la creación de capacidades y la co-generación de conocimiento. Las geociencias en México pueden beneficiarse de estas nuevas relaciones pero, para lograrlo, es necesario eliminar las barreras que mantienen separados a los sectores académico y político. Para ello, el país puede servir de las lecciones aprendidas que han surgido de la práctica de la diplomacia y de la interfaz ciencia-política en otras regiones del mundo.

SE04-25 CARTEL

## CÁLCULO DEL PARÁMETRO "B" DE LA LEY GUTENBERG – RICHTER, EJEMPLO DIDÁCTICO PARA INICIARSE EN LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DE FENÓMENOS GEOFÍSICOS

Martínez Mirón Yleana Claudia, González Guevara José Luis, Lizardo Castro Cecilia, Morgado Carmona Luis Alberto y Cano Ayora Víctor  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
yleanamtz@yahoo.com.mx

En el año 2016, el programa de estudios de la carrera de Ingeniería Geofísica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla fue modificado sustancialmente para que, durante su estancia en la Universidad los estudiantes de esta carrera desarrollen diferentes competencias. Una de éstas dice que los alumnos "procesarán e interpretarán datos geofísicos en el área de las Ciencias de la Tierra a través del diseño y/o modificación de modelos matemáticos y algoritmos computacionales..."; por tanto, para lograr desarrollar esta competencia es fundamental que en las sesiones de clase no solo se enuncien leyes físicas, sino que los estudiantes también deben comenzar a manipular datos reales, ajustarlos a modelos teóricos, interpretar resultados y emitir juicios. En este sentido, durante el curso de Sismología, se implementó una práctica para analizar catálogos de sismicidad y realizar el ajuste, por mínimos cuadrados, de la relación Gutenberg – Richter. Se encontró que a pesar de que el método de mínimos cuadrados es presentado teóricamente en cursos previos, la implementación del método en la práctica genera a los estudiantes muchos conflictos. Con la guía adecuada, los estudiantes lograron realizar en MATLAB un programa que les permite calcular el ajuste lineal y determinar los parámetros "a" y "b" de la mencionada ley para los sismos registrados en México durante los años 2016, 2017 y 2018. Con base en los resultados, los estudiantes interpretan las posibles causas que provocan las variaciones del parámetro "b". Por tanto, se puede concluir que con el manejo adecuado de la herramienta matemática se pueden comprender de mejor manera parámetros físicos, fortaleciendo el proceso de enseñanza - aprendizaje.

SE04-26 CARTEL

## HACIA UN PLAN DE COMUNICACIÓN PARA EL CONSORCIO DE INVESTIGACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO

Álvarez Padilla Elizabeth, Peters Recagno Edward y Zarco José María  
Consortio de Investigación del Golfo de México, CIGoM  
ealvarez@cigom.org

Toda entidad constituida por humanos necesita relacionarse, transmitir, interna y externamente, sus opiniones, reivindicaciones, necesidades o logros. Es prioritario darse a conocer, vender su actividad, hacer marketing de su gestión, si se quiere permanecer en el mercado o recibir el reconocimiento social. El Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), surgido en 2015, agrupa a más de 300

investigadores, técnicos y estudiantes ubicados en 9 instituciones de educación y ciencia mexicanas. Se especializa en proyectos multidisciplinarios relacionados con posibles impactos ambientales de la industria del gas y petróleo, en los ecosistemas marinos del Golfo de México. En este marco, diseñar e implementar un Plan de Comunicación que articule los deseos de usuarios, stakeholders y público en general se convierte en prioridad, a partir de criterios básicos de la Comunicación Externa e Interna, durante un período previamente acordado. Dicho plan produce beneficios relacionados con la capacidad de realizar una gestión más eficiente y su éxito, en gran medida, dependerá del nivel de participación de la mayoría de los actores. Se presentan las acciones realizadas a la fecha por un naciente grupo de comunicación, que agrupa representantes de todas las instituciones el Consorcio, y el camino futuro a transitar en esta segunda fase de crecimiento organizacional.

SE04-27 CARTEL

## PROPUESTAS DE APOYO ACADÉMICO QUE PROMUEVA LA INDAGACIÓN EN LOS CURSOS DE QUÍMICA GENERAL Y QUÍMICA ORGÁNICA DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM

Negron-Mendoza Alicia<sup>1</sup>, Mejía Luna Isabel<sup>2</sup>, Cruz-Castañeda Jorge<sup>1</sup>, Meléndez-López Adriana<sup>3</sup>, Fuentes-Carreón Claudio<sup>1</sup>, Villafañe-Barajas Saúl<sup>1</sup>, Heredia Alejandro<sup>1</sup> y Ramos-Bernal Sergio<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, ICN-UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>4</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
negron@nucleares.unam.mx

La necesidad de explorar e investigar, debe ser innato a todo aquel, cuyo interés se centre en descubrir el porqué de un fenómeno (entendido como natural o social), de tal forma, se hace necesario en el caso de los estudiantes que se encuentran en los niveles medio superior y superior la introducción a realizar actividad lúdicas o experiencias de cátedra como el elemento motivador para generar sujetos proactivos. La importancia en cualquier área de conocimiento y dada la relevancia que tiene actualmente las Ciencias de la Tierra, como un elemento integrador multidisciplinario, permite cuestionamientos desde la ciencia básica hasta la parte de sostenibilidad del Planeta Tierra. Parte de la dinámica en el aula para gestionar el cambio conceptual del estudiante pasivo a ser activo, se sustenta en el enfoque del constructivismo, que implica una reestructuración en la forma de enseñanza-aprendizaje también dentro de toda academia. Partiendo de los conocimientos previos que posee el estudiante, se puede enfrentar al reto de una estrategia o experiencia de cátedra que promueva la indagación a través de cuestionamientos de la simple observación de lo que tiene y como lo procesa. En este sentido se presentan dos propuestas de apoyo académico implementados en los cursos de química general y química orgánica de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra, generación 2019, matriculada en la Facultad de Ciencias en Ciudad Universitaria, CDMX. Se agradece el apoyo del Proyecto PAPIME- PE206918. Los autores agradecen el apoyo técnico de la Q. C. Camargo. CFC y SVB agradecen a CONACyT por las becas otorgadas.

SE04-28 CARTEL

## EL HUERTO URBANO COMO FUENTE DE VIDA Y EDUCACIÓN

Segura Espinosa Stephanie Chantal y Acosta Hernández Raquel Eugenia  
Huerto Azcapo  
segura.eau@gmail.com

El Huerto Azcapo es un huerto urbano que surge hace 3 años en el norte de la Ciudad de México, esta gestionado por un grupo de personas con distintos contextos y disciplinas. Desarrollamos actividades educativas para promover la agricultura urbana y orgánica, con un enfoque de regeneración de suelos, a través de prácticas al alcance de cualquier persona.

Sesión especial

# **MODELACIÓN REGIONAL DEL CLIMA Y CORDEX**

Organizadores:

Ruth Cerezo-Mota  
Juan Matías Méndez Pérez

SE05-1

### IMPACTO DEL ESQUEMA DE MICROFÍSICA EN LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA CONVECTIVO EN EL VALLE DEL MANTARO, ANDES CENTRALES, PERU, UTILIZANDO EL MODELO WRF-ARW

Martínez Castro Daniel<sup>1</sup>, Kumar Shailendra<sup>1</sup>, Moya Álvarez Aldo Saturnino<sup>1</sup>, Villalobos Puma Elver<sup>1</sup>, Silva Vidal Yamina<sup>1</sup>, Valdivia Prado Jairo<sup>1</sup> y Leon Marcos Anisbel<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Geofísico del Perú, IGP  
<sup>2</sup>Instituto de Meteorología de Cuba  
 danielmartinezc53@gmail.com

El presente estudio explora la sensibilidad con el esquema microfísico (MF) en la simulación de un sistema convectivo (SC) sobre la compleja topografía de las montañas de los Andes, utilizando el modelo WRF-ARW. El sistema ocurrió el 29 de diciembre de 2015. Se probaron seis esquemas de MF (Thompson, WSM6, Morrison, Goddard, Milbrandt y Lin). La técnica de anidamiento unidireccional se aplicó a cuatro dominios, con resoluciones horizontales de 18, 6, 3 y 0.75 km. Se integró durante 36 h con las condiciones iniciales del Análisis Global Operacional Final (NFL) de NCEP a las 00:00 UTC. Las simulaciones se verifican utilizando las variables de temperatura de brillo del GOES, radar de nube de banda Ka y observaciones meteorológicas de superficie realizadas en el Observatorio de Huancayo. Todos los esquemas de MF detectan la señal de temperatura superficial del aire del SC satisfactoriamente, pero subestiman su valor durante su tiempo de vida. Los campos simulados del sistema de la nube son consistentes con la evolución de los patrones de las observaciones satelitales para las configuraciones del WRF con los esquemas Morrison, Milbrandt y Lin, mientras que el resto de las configuraciones no lo reprodujeron correctamente. De estas configuraciones, la que mejor coincide con la ubicación espacial de la tormenta y muestra una estructura vertical coherente con las observaciones fue la que incluyó el esquema de Morrison, que además reprodujo correctamente los campos espaciales de la precipitación acumulada en 24 horas con un error cuadrático medio espacial relativamente bajo en relación con la base de datos CHIRPS.

SE05-2

### ESTUDIO DE SENSIBILIDAD SOBRE LA INFLUENCIA DE LOS ESQUEMAS DE PARAMETRIZACIÓN EN EL MODELO WRF-ARW PARA PRONÓSTICOS DE PRECIPITACIÓN DE CORTO Y MEDIANO PLAZOS EN LOS ANDES CENTRALES DE PERÚ

Moya Álvarez Aldo Saturnino, Martínez-Castro Daniel, Flores Rojas José Luis y Silva Yamina  
 Instituto Geofísico del Perú, IGP  
 aldomoya00@gmail.com

Se realiza un estudio de sensibilidad del desempeño del modelo regional de investigación y pronóstico del clima (WRF; versión 3.7) sobre los Andes centrales del Perú atendiendo al uso de diferentes parámetros de microfísica, cúmulos y capa límite para el pronóstico de precipitaciones a corto y mediano plazos. Se probaron los esquemas de microfísica de Lin-Purdue, Thomson y Morrison, así como las parametrizaciones de cúmulos de Grell-Freitas, Grell3d y Bets-Miller-Janjic. Los esquemas de capa límite probados fueron el esquema de la Universidad de Yonsei y el esquema de Mellor-Yamada-Janjic. Se definió una configuración de control, utilizando los esquemas de Thomson, Grell-Freitas y Yonsei University y se realizó un conjunto de experimentos numéricos, utilizando diferentes combinaciones de parametrizaciones. Para la verificación se emplearon datos de 19 estaciones meteorológicas locales, así como datos grillados de las bases TRMM y PISCO. Se concluyó que todas las configuraciones sobreestimaban la precipitación, pero la que utilizaba el esquema microfísico de Morrison tenía el mejor rendimiento, según los indicadores de sesgo (B) y error cuadrático medio (RMSE). Se recomienda no utilizar el esquema Bets-Miller-Janjic en esta región para dominios de baja resolución. La verificación de pronóstico categórico de la ocurrencia de lluvia como una variable binaria mostró tasas de detección superiores al 85%. De acuerdo con este criterio, la mejor configuración de rendimiento fue la combinación de Bets-Miller-Janjic y Morrison. La verificación espacial mostró que, incluso si todas las configuraciones sobreestimaban la precipitación en algún grado, los patrones espaciales de precipitación coinciden con los datos de precipitación de TRMM y PISCO. El esquema de microfísica de Morrison muestra los mejores resultados y, en consecuencia, esta configuración se recomienda para tareas de pronóstico de precipitaciones a corto y mediano plazo en los Andes centrales del Perú y particularmente en la cuenca del Mantaro. Los resultados de un experimento de sensibilidad especial mostraron que la activación o no de la parametrización de cúmulos para el dominio de resolución de 3 km no es relevante para el pronóstico de precipitación en la región de estudio. En otra parte del experimento, usando solamente la configuración más eficiente, se concluyó que, si bien el modelo sobrestima la precipitación de manera general, para acumulados de precipitación observados por encima de 12 mm aproximadamente, WRF subestima. De igual forma, se definió que un incremento de la resolución de los dominios del modelo, no necesariamente incrementa la efectividad del pronóstico de los acumulados de precipitaciones, aunque el empleo de dominios de muy alta resolución, por ejemplo, de menos de un kilómetro es imprescindible para investigar la física y microfísica de las nubes.

SE05-3

### A COUPLED OCEAN-ATMOSPHERE DOWNSCALED CLIMATE PROJECTION FOR THE PENINSULAR FLORIDA REGION

Misra Vasubandhu  
 Florida State University  
 vmisra@fsu.edu

A first of its kind downscaled projections over peninsular Florida is conducted with a Regional Climate Model (RCM) at 10km grid spacing that incorporates interactive coupling between the atmosphere and ocean components of the climate system. The RCM is shown to display reasonable fidelity in simulating the mean current climate and exhibits higher variability both in the ocean and in the atmosphere than the large-scale global model (Community Climate System Model version 4 [CCSM4]), which is used to drive the RCM. There are several features of the regional climate that RCM displays as an improvement over CCSM4: upper ocean thermal stratification, surface eddy kinetic energy of the ocean, volume flux through the Yucatan Channel and Florida Strait, and terrestrial rainfall over peninsular Florida. The projected mean hydroclimate change over the period 2050-2070 relative to 1985-2005 over peninsular Florida shows significant difference between RCM and CCSM4, with the former (latter) exhibiting significant (moderate) drying (wetting) with cooling (warming) of the surrounding SST. This a result of the RCM projecting a higher fraction of shallow clouds in the future climate. However, below 30m of the ocean surface, the RCM and CCSM4 simulations display warming relative to the current climate. In the RCM simulation, the warming of the sub-surface ocean is owed to advective heat flux convergence. The study demonstrates that such RCMs with coupled ocean-atmosphere interactions can give rise to contrary projections of the surface climate to global models owing to better resolution of local processes. But the signature of the global warming in the sub-surface ocean of the RCM future simulation is consistent with the corresponding simulation of the CCSM4.

SE05-4

### INTER-ANNUAL VARIABILITY AND TRENDS OF THE SUBTROPICAL JET STREAM OVER THE CORDEX-CAM DOMAIN DURING 1980-2010

Luna Niño Rosa Beatriz y Cavazos Tereza  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 rluna@cicese.edu.mx

The position and intensity of the subtropical jet stream (STJ) over the CORDEX-CAM domain during the winters of the 1980-2010 period are analyzed using 25-km simulations of RegCM4.7.1 forced with ERA75, and three global models (HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, and MPI-ES). The regional model's upper winds at 250 hPa are evaluated based on MERRA2 and ERA75 reanalyses. The intensity and frequency of the STJ are correlated with some climatic indices, and trends of the STJ are also obtained. Despite some biases, the RegCM4.7.1 reproduces very well the inter-annual variability of the jet with the following characteristics: 1) over the subtropical eastern Pacific, the jet axis is located farther north during La Niña events, but its magnitude is greater during El Niño, and its latitudinal profile also has a more coherent structure during El Niño winters, and 2) the maximum speed of the jet axis shows a statistically significant positive correlation with the Pacific-North American teleconnection pattern. The reanalyses and RegCM4.7.1 forced with ERA75 show that the Pacific STJ has intensified at the north and south edges of its climatological position, while the Atlantic STJ has weakened and become more frequent to the south of its climatological position. RegCM4.7.1 simulations forced with the global models do not match these trends.

SE05-5

### RESPONSE OF REGIONAL MONSOONS AT VARIOUS LEVELS OF RADIATIVE FORCING IN REGCM4-CORDEX SIMULATIONS

Ashfaq Moetasim  
 Oak Ridge National Laboratory  
 mashaq@ornl.gov

Using an ensemble of RegCM4 simulations over various monsoon domains, including North America, South America, Western Africa, South Asia, East Asia and Australia, we investigate changes in the regional scale monsoon dynamics in response to changes in the radiative forcing, and its impact on precipitation distribution over monsoon regions. All regional monsoon simulations are conducted at 25km horizontal grid spacing using lateral and lower boundary forcing from three CMIP5 GCMs, each covering 1970 to 2100 under two Radiative Concentration Pathways (RCP2.6 and RCP8.5) in the 21st century projections period. We make use of Lagrangian based moisture back trajectory analysis to understand the variations in moisture sourcing from contributing oceanic and terrestrial sources, dynamic and thermodynamics drivers of those variations, and their impacts on the precipitation distribution at varying time-scales. Additionally, we compare results from each of the regional monsoons to understand the commonalities and dissimilarities in the regional precipitation responses, including those related with the monsoon onset,

precipitation seasonality and extremes, and the timing of emergence when projected changes are permanently above the baseline variability. Use of centennial-scale, multiple RCP and multi GCM driven RegCM4 simulations provide an opportunity to understand the robustness as well as the sensitivity of projected fine-scale regional monsoon changes to various levels of radiative forcing.

SE05-6

### COMPORTAMIENTO DE LOS PATRONES SINÓPTICOS OBTENIDOS EN MÉXICO MEDIANTE SOM CON LAS SALIDAS DEL MODELO CESM-LE

Cala Pérez Yoel Alejandro<sup>1</sup>, Ochoa Moya Carlos Abraham<sup>1</sup>, Quintanar Arturo<sup>1</sup> y Castro Christopher L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>University of Arizona

ycalap@atmosfera.unam.mx

Los datos de reanálisis de ERA Interim fueron usados para desarrollar una climatología de patrones sinópticos que influyen en el comportamiento del tiempo sobre el sur de Norteamérica, América Central y la región del Caribe (MAR). El algoritmo Self-Organizing Maps (SOM) fue utilizado para detectar, clasificar y construir una climatología sinóptica de patrones durante el período 1980-2016. Los clústeres de patrones sinópticos similares fueron detectados a partir de las anomalías estandarizadas de presión a nivel del mar (SLP) y temperatura en superficie (2m). Se detectaron 20 patrones sinópticos mediante el algoritmo, que fueron clasificados en escalas de tiempo anual, trimestral y mensual. Se determinó la frecuencia de ocurrencia, persistencia y posibles transiciones entre los diferentes patrones sinópticos encontrados. El patrón sinóptico más frecuente es dominado por la influencia del Anticiclón Subtropical del Atlántico sobre el Mar Caribe y el Golfo de México, así como un centro de bajas presiones localizado sobre el NW de México y una hondonada en superficie sobre la región central de México. Los días en que se presentaron cada uno de los patrones sinópticos detectados fueron analizados mediante un ensamble construido a partir de simulaciones del modelo CESM (CESM-LE) y algunos de los miembros de este ensamble. El comportamiento de los patrones sinópticos detectados con ERA-Interim y CESM-LE presentan diferencias en la escala regional pero, en general, conservan características similares en los valores de anomalías estandarizadas de SLP. Se observaron diferencias entre los miembros del ensamble CESM-LE, lo cual muestra la variabilidad climática interna presente en el modelo.

SE05-7

### REPRESENTACIÓN DEL EFECTO DE UN OCÉANO ACTIVO EN UNA SIMULACIÓN CLIMÁTICA UTILIZANDO EL MODELO WRF ACOPLADO A UN MODELO DE CAPA DE MEZCLA

Guillermo Montiel Juan Carlos<sup>1</sup>, Cabos Narvaez William David<sup>2</sup> y Martínez López Benjamín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Universidad de Alcalá

jcarlosgm@atmosfera.unam.mx

El Weather Research and Forecasting (WRF) es un modelo atmosférico de última generación que permite realizar estudios de climatología regional en diversas escalas temporales. En nuestro país, el modelo WRF es ejecutado principalmente en modo atmosférico, es decir, que el campo de la SST es prescrito a partir de datos de reanálisis o es omitido. A pesar de lo anterior, diversos autores resaltan la importancia de considerar los efectos de un océano activo en la simulación de procesos atmosféricos, sin embargo, la implementación del acoplamiento entre un modelo atmosférico y un oceánico no es un tema trivial, y requiere amplios recursos de cómputo. En este trabajo, se explora la posibilidad de utilizar un modelo de capa de mezcla que permita emular los efectos de un océano activo en el modelo WRF. Para este fin, se utilizó el modelo WRF en modo climático para simular el período 1995-2000 utilizando como condiciones iniciales y de frontera datos provenientes del reanálisis ERA Interim en un dominio configurado de -130° a -30° en longitud y -5° a 40° en latitud. Para la capa de mezcla oceánica, en principio se utilizó un modelo simple unidimensional (OML-1D) disponible dentro la física de WRF, considerando diferentes configuraciones iniciales. Posteriormente, se implementó un nuevo módulo, basado en un modelo de balance de energía (modelo de cajas), que permite calcular la difusión de energía hacia capas profundas, experimentando con diferentes parametrizaciones de la difusividad. Se analizó el campo de la SST resuelto en ambos módulos y el efecto que estos generaron sobre la variable de precipitación simulada por el modelo WRF, comparando la magnitud de este último campo contra distintas bases observacionales.

SE05-8

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

Cerezo-Mota Ruth<sup>1</sup>, Méndez Pérez Matías<sup>2</sup>, Pineda Martínez Luis Felipe<sup>3</sup>, Cavazos Tereza<sup>4</sup> y Quirino Leonardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>UV

<sup>3</sup>UAZ

<sup>4</sup>CICESE

rcerezom@iingen.unam.mx

En el informe más reciente del IPCC (Stocker et al. 2013) se reporta que la temperatura superficial del aire (Tas) y los extremos de temperatura a nivel global muestran una tendencia positiva y cada década es más cálida que la anterior, con el número de días y noches cálidas en aumento. El mismo reporte indica, con menor certeza que la tendencia de Tas, que a nivel global los eventos extremos de precipitación también están aumentando (en intensidad o en frecuencia). Aunque se han realizado varios estudios sobre extremos de temperatura y precipitación en el país no existen trabajos para la Península de Yucatán, por lo que en este trabajo se analizan cambios en los valores de temperatura y precipitación extremos (e.g. días/noches cálidas, días consecutivos sin lluvia, días con lluvia por arriba del percentil95, entre otros) usando los índices definidos por el Equipo de Expertos en Cambio Climático, Detección, Monitoreo e Índices (ETCCDMI, por sus siglas en inglés). El estudio se hizo con datos diarios de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional y los resultados fueron comparados con 3 simulaciones de dos modelos regionales climáticos (RegCM4 y HadRM3P) para el período 1980 al 2010. Resultados preliminares muestran una disminución en la precipitación anual, y un aumento en la precipitación de tipo extremal. Así como tendencias negativas en las temperaturas máximas en la región.

Sesión especial

**MODELACIÓN NUMÉRICA  
PARA ENERGÍAS  
RENOVABLES (EÓLICA Y MAR)**

Organizadores:

Markus Gross

Vanesa Magar

SE06-1

## ATLAS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE MARES MEXICANOS

Mateos Farfán Efraín y Santana Sepúlveda Julio Sergio  
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
 efrain\_mateos@tlaloc.imta.mx

Se presentan los avances de la implementación del modelo ROMS, en los mares mexicanos. Para ello, se generaron tres grandes dominios numéricos 1) el Océano Atlántico mexicano, 2) El Pacífico mexicano y 3) el Golfo de California. La región norte del Golfo de California, presenta el mayor potencial energético debido a las corrientes de mareas. Para las corrientes de baja frecuencia, el canal de Cozumel cuenta con el mayor potencial; encontrando corrientes persistentes mayores a 1 m/s. En las costas de Oaxaca, también se observan evidencias de potencial energético, pero mayores estudios son requeridos. Los resultados obtenidos serán presentados en un atlas interactivo. Este atlas, permitirá operar, seleccionar y extraer datos a los usuarios de forma interactiva.

SE06-2

## MODELACIÓN NUMÉRICA DE LAS CORRIENTES DE BAJA FRECUENCIA PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO EN COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO-MAR CARIBE MEXICANO. RESULTADOS PRELIMINARES

Rodríguez Flores Miguel Angel, Mateos Farfán Efraín y Ibarra Romero Jorge Armando  
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
 miguel.rodriguez@posgrado.imta.edu.mx

Se simularon 19 años del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano con el modelo ROMS (Regional Ocean Modeling System). Para esto se construyeron climatologías para temperatura, salinidad, componentes de velocidad y condiciones de frontera abierta de la base de datos del SODA3, forzamientos de esfuerzo de viento del MERRA2, flujos de calor, la SST, salinidad superficial del mar (SSS) y fresh water (E-P) del COADS y marea con diez constituyentes del modelo TPX07. La batimetría fue obtenida a partir de la base de datos de GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) con línea de costa del GSHHG (Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography). La malla implementada tiene una resolución espacial de 4.5 km y 30 niveles en la vertical. Con los resultados del modelo se identificaron sitios donde se presentan velocidades superiores a 1 m s<sup>-1</sup> la mayor parte del año cerca de la isla de Cozumel y el Canal de Yucatán; y se determinó la densidad de potencia debido a corrientes a 5, 20 y 50 m de profundidad.

SE06-3

## CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA DE CORRIENTES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y EL PACÍFICO NORORIENTAL MEXICANO, BASADA EN LOS MODELOS 56.3 Y 06.1 DE HYCOM

Magar Vanesa<sup>1</sup>, Godínez Victor Manuel<sup>1</sup>, López-Mariscal Manuel<sup>1</sup>, Zamudio Luis<sup>2</sup>, Gross Markus<sup>1</sup> y Bermúdez-Romero Anahí<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>Florida State University  
 vmagar@cicese.mx

En este trabajo se presentan avances en la caracterización de energía por corrientes de marea y corrientes inducidas por forzamientos del viento. Se calcula la producción anual estimada (AEP -- usamos siempre siglas en inglés), la densidad de potencial media anual (TPD) sobre series de tiempo horarias, y también se determina la densidad de potencia máxima en mareas vivas y se calcula su media anual (TPDmax). Estos tres parámetros se utilizan como indicadores de caracterización del recurso de energía. Los resultados se obtuvieron con el modelo global HYCOM -- HYBRID COORDINATE OCEAN MODEL, un modelo de mesoescala desarrollado por Rainer Bleck. Se usaron dos versiones: 1) el modelo 56.3, sin forzamiento de marea, con viento NCEP\_CFSRV2.0 con resolución horizontal de alrededor de 0.205°, y con asimilación de datos, y 2) el modelo 06.1, con forzamiento de mareas, viento NAVGEM1.1 con resolución horizontal de alrededor de 0.33°, y sin asimilación de datos. Los vientos se interpolan a la resolución de 1/12.5° del modelo hidrodinámico. Ambas versiones tienen 41 capas en la vertical. Con el modelo 06.1, se estiman los valores de los tres indicadores de energía para el caso de la marea barotrópica, así como los valores asociados con las corrientes inducidas por el viento a diferentes profundidades: a 10 m, 30 m y 60 m en zonas de profundidad intermedia; y a 10 m y 15 m en zonas someras de baja profundidad. Con el modelo 56.3, se estiman solamente los valores de la AEP para las corrientes inducidas por viento, a algunas de las profundidades estudiadas con el modelo 06.1, para comparar resultados entre estos modelos. El análisis de mareas del modelo 06.1 muestra zonas en las Grandes Islas y el Alto Golfo de California con AEP del orden de 500 kWh/m<sup>2</sup>. Con el modelo 56.3 sin mareas, se observan AEP de las corrientes inducidas por el viento que son también del orden de 500 kWh/m<sup>2</sup>, pero en otras dos zonas: una cercana a Muleg y la otra a la punta Sur de la Península. Sin embargo, el modelo 06.1 con solamente el forzamiento de viento predice valores de

AEP mucho menores en estas dos regiones. Se argumenta que el modelo 06.1 es más confiable que el modelo 56.3 para estudios de caracterización de energía en el Golfo de California, ya que en lugares con pocos datos (como es el caso en esta región), HYCOM hace la asimilación con series sintéticas, las cuales se obtienen interpolando observaciones en superficie (de nivel del mar, temperatura, y salinidad) sobre toda la columna de agua. Por ello, la AEP, TPD y TPDmax se evalúan en detalle solamente con el modelo 06.1, a las profundidades antes mencionadas.

SE06-4

## EL IMPACTO DEL HURACÁN ODILE SOBRE LAS CORRIENTES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Gross Markus y Magar Vanesa  
 CICESE  
 mgross@cicese.mx

Los corrientes del Golfo de California (GdC) tienen en algunos lugares el potencial de contribuir de forma importante a la generación de energía eléctrica para el país. Sin embargo, se ha estudiado poco ese potencial, en particular bajo condiciones de huracán. En septiembre 2014, esta región se vio afectada por el paso del huracán Odile, un huracán que provocó daños significativos en la región. En este trabajo se estima la contribución del huracán Odile sobre las corrientes del Golfo de California, a través de predicciones obtenidas con un modelo de aguas someras (el modelo Delft3D) forzado por mareas en la Boca del GdC, y viento en la superficie del mar. La malla del modelo de ajusta de modo a resolver adecuadamente la circulación en las capas cercanas a la superficie. Se estudian las anomalías de las corrientes ocasionadas por el paso de Odile, y se observa que, en varios sitios, estas anomalías son importantes sobre toda la columna de agua, no sólo en la superficie. Por esta razón, se considera que los huracanes pueden representar un peligro para dispositivos de conversión de energías de corrientes, aun cuando se encuentren anclados al fondo del océano.

SE06-5

## CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO MARINO EN MÉXICO, UN ANÁLISIS PRELIMINAR

Meza Carreto Jaime<sup>1</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>2</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>, Moreles Vázquez Luis Efraín<sup>3</sup> y Figueroa Espinosa Bernardo<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
<sup>3</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
<sup>4</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM  
 jimza@atmosfera.unam.mx

El grupo Interacción Océano-Atmósfera (IOA) del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM ha generado diversas versiones de reanálisis o hindcast basados en el modelo WRF, utilizando como condiciones iniciales y de frontera los datos del sistema de reanálisis CFSR (Climate Forecast System Reanalysis). Recientemente se generó un hindcast que incluye coordenadas verticales híbridas y 50 niveles en la vertical para un período de 39 años, de 1979 a 2018. El dominio utilizado es el comprendido entre 5.08°N y 35.73°N y entre 70.51°W y 129.48°W, con una resolución espacial en la horizontal de 10 km y temporal de una hora. Esta información se ha analizado para determinar zonas marítimas con alto potencial eólico en México, lo cual servirá como base para poder seleccionar zonas de mayor viabilidad para realizar estudios a detalle con simulaciones numéricas de muy alta resolución espacial y temporal. A partir de los campos de viento a diferentes alturas (50, 100 y 200 metros), se calcularon las climatologías mensuales y anuales correspondientes. Se presentarán estos resultados y se mostrarán comparaciones con productos similares.

SE06-6

## CAMBIOS EN LA CIRCULACIÓN DE LOS VIENTOS DE BAJOS NIVELES EN MÉXICO ANTE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

García Oscar y Cavazos Tereza  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 omgarcia@cicese.edu.mx

En este trabajo se estudia el efecto del cambio climático en la circulación de mesoescala a 100 y 10 m de altura en México utilizando datos observados de 7 mástiles, 3 reanálisis (ERA5, MERRA2 y NARR) y el modelo regional RegCM4.7.1 a 25 km forzado con ERA-Interim y 3 modelos globales (HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M y MPI-ESM-MR). Los objetivos son: 1) Evaluar el modelo climático regional RegCM4.7.1 durante 1981-2010 y 2) determinar los posibles cambios futuros de la circulación bajo el escenario RCP8.5 de altas emisiones en un periodo cercano (2021-2050). Primero se realizó una evaluación del modelo regional forzado con ERA-Interim y los reanálisis con las observaciones de un año (2018) de los 7 mástiles para determinar la habilidad del modelo regional para capturar la climatología (semi-horaria y mensual) de los vientos a 100 m de altura. Después se hizo una intercomparación de la climatología sinóptica de los vientos del modelo regional y de los reanálisis para el periodo 1981-2010 en el dominio de CORDEX-CAM

(Centra América, México y el Caribe). Posteriormente se analizaron los patrones sinópticos de la circulación con el uso de mapas auto-organizados a escala 3-horaria, estacional e interanual con los reanálisis y el modelo para determinar la frecuencia y la dirección del tipo de viento predominante en 3 de los 7 mástiles donde actualmente se encuentran parques eólicos cerca (La Ventosa, La Rumorosa y Tamaulipas). Finalmente se calcularon los posibles cambios en intensidad y frecuencia de los vientos en México a partir de las diferencias relativas de las salidas históricas y futuras del RegCM4.7.1 forzado con los 3 modelos globales. La comparación de RegCM4.7.1 forzado con ERA-Interim con los reanálisis en el período histórico muestra una sobreestimación por parte del modelo en casi todo el dominio de estudio y en especial en las zonas con orografía compleja. Sin embargo, la evaluación con los datos observados en las torres durante 2018 indica que el modelo regional tiende a simular mejor la magnitud y distribuciones de probabilidad del viento que los reanálisis, lo cual da confianza para las climatologías históricas y los escenarios futuros. El resultado del ensamble de las tres salidas regionalizadas de RegCM4.7.1 sugieren cambios pequeños en la circulación a 10 y 100 m de altura en el futuro cercano; en el Istmo de Tehuantepec caracterizado principalmente por vientos del norte se espera un incremento de 2 % en la intensidad de estos vientos a 100 metros durante el invierno y los del sureste en el noreste del país; mientras que en verano se espera una reducción de 8% en la velocidad promedio del viento en la costa del Pacífico mexicano. En las regiones cercanas a la Rumorosa, la Ventosa y San Fernando, los escenarios muestran un incremento muy pequeño (1%) en la frecuencia de los vientos predominantes a 100 m (del oeste, norte y sur-sureste, respectivamente) en el futuro cercano.

SE06-7

**EVALUACIÓN DE RECURSO DE ENERGÍA EÓLICA CON DATOS DE TORRES ANEMOMÉTRICAS: EFECTO DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO, DE LA TÉCNICA DE PROMEDIADO DE DATOS, Y DE LA LONGITUD DE LA SERIE DE TIEMPO**

Gross Markus y Magar Vanesa  
CICESE  
mgross@cicese.mx

La densidad de potencia de energía eólica (WPD) es uno de los indicadores más importante en la caracterización de recursos de energía eólica, y se determina a partir de una serie de tiempo de rapidez del viento. Para tener confianza en las estimaciones de WPD es importante saber si se tiene una serie de tiempo suficientemente larga, si la frecuencia de muestreo es adecuada, y si la técnica usada para promediar los datos es razonable. En esta presentación, se presentan algunos resultados estadísticos, unos basados en experimentos con datos observacionales y otros en series de tiempo sintéticas. Las series de tiempo sintéticas permite generalizar los resultados a sitios con características diferentes a las de los sitios con observaciones disponibles.

SE06-8

**EVALUACIÓN DE COBERTURA DE VEGETACIÓN Y ALTURA DEL DOSEL DE VEGETACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES, CON APLICACIONES A CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA EÓLICA**

Magar Vanesa y Gross Markus  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
vmagar@cicese.mx

En este trabajo se presenta el avance en la determinación de dos parámetros: la cobertura de vegetación y altura de dosel de vegetación, a partir de imágenes satelitales, para algunos casos de estudio en diferentes regiones de la república mexicana. Dichos casos de estudio corresponden a lugares en los que se cuenta con una caracterización de recurso de energía eólica a partir de torres anemométricas, obtenidos durante el proyecto del Atlas Eólico Mexicano. Debido a que la cobertura y la altura de la vegetación juegan un papel importante en la rugosidad del suelo y en los esfuerzos de cizallamiento del viento en la capa límite atmosférica, es muy importante contar con información local con el mayor detalle y resolución posible, pero al mismo tiempo basar la metodología de evaluación de dicha información en métodos que permitan replicar el análisis fácilmente, y estudiar la variabilidad tanto espacial como temporal de estos parámetros. Este trabajo es una contribución al proyecto MEWA (2018-2021), código 17-M01-DTU, financiado por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca y administrado por el "Danida Fellowship Centre" de Dinamarca.

SE06-9 CARTEL

**EXPLORACIÓN NUMÉRICA CON GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE MALLAS Y GEOMETRÍAS, PARA EL ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE TURBINAS DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA DE CORRIENTES CON VELOCIDADES BAJAS**

Gross Markus y Magar Vanesa  
CICESE  
mgross@cicese.mx

En general en México las velocidades de las corrientes del mar cercanas a la costa son bajas, y aún no existen dispositivos a nivel comercial que puedan aprovechar este tipo de recurso. En este trabajo se presenta un modelo numérico dinámico donde la geometría del dispositivo puede cambiar de forma automática, y se analiza la interacción turbina/corriente para diversas geometrías. Con este modelo, es posible evaluar familias de parámetros geométricos del dispositivo, lo cual se espera permitirá identificar el diseño más adecuado para el aprovechamiento energético bajo condiciones de corrientes con baja velocidad.

SE06-10 CARTEL

**ATLAS INTERACTIVO DEL RECURSO ENERGÉTICO POR CORRIENTES DE BAJA FRECUENCIA EN COSTAS MEXICANAS**

Ayala Enríquez Ma. del Rosario, Mateos Farfán Efraín, Santana Sepúlveda Julio Sergio, Ibarra Romero Jorge Armando, Rodríguez Flores Miguel Angel y Cabello Lugo Joshua  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
rosario.ayala@posgrado.imta.edu.mx

Como parte importante del desarrollo del inventario nacional del potencial energético, se desarrolla un atlas interactivo para la web que contiene dos regiones: Pacífico mexicano y Golfo de México- mar caribe mexicano. Esto permite al usuario obtener de manera simple el potencial energético y corrientes de baja frecuencia a diferentes resoluciones, zonas, niveles de profundidad y periodos. La construcción de estos mapas se hizo mediante el uso del lenguaje R, en el que se procesaron los datos obtenidos del modelo numérico oceánico regional. Se utilizaron las librerías leaflet y shiny para generar la interfaz que permite al usuario visualizar los gráficos en un portal web.

SE06-11 CARTEL

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL DE ENERGÍA EÓLICA, SOLAR Y DE OLEAJE PARA LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA**

Rojas Lagunes Shalon<sup>1</sup> y Caetano Neto Ernesto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
shalonrojas@gmail.com

Los actuales inconvenientes del uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica han forzado al sector eléctrico a apostar por energías derivadas de recursos naturales, las cuales tienen la ventaja de ser más amigables con el medio ambiente y reducir el nivel de emisiones contaminantes a la atmósfera, así como también representa un cambio favorable en la economía y en la creación de nuevos empleos. Para esto, los modelos numéricos y los reanálisis atmosféricos han resultado en los últimos años de gran utilidad para la investigación del potencial de las energías renovables, ya que con ellos se puede dar una idea de la capacidad energética en sitios determinantes. Este trabajo presenta la evaluación de los potenciales de energía eólica, radiación solar y de oleaje para la península de Baja California por medio de un análisis de comparación entre los datos del reanálisis atmosférico ERA-5 (eólico y solar) y el modelo de oleaje de tercera generación WAVEWATCH III (oleaje) con datos observados de estaciones meteorológicas (eólico y solar) y datos satelitales (oleaje) para el año 2009. De acuerdo a los resultados preliminares, en Baja California se encontraron zonas favorables para la generación eléctrica a partir del recurso eólico en la zona centro-sur del estado, particularmente en partes costeras, y en una pequeña área en el norte. En Baja California Sur se tienen pequeñas áreas prósperas para el recurso a un nivel local. En cuanto a irradiación solar la mayor parte de la península tiene buen potencial de energía solar, sin embargo, la irradiación en Baja California Sur es mayor en meses de verano. La energía de oleaje para la península de Baja California, aunque no es muy alta, es apta para explotarla en meses de otoño e invierno.

Sesión especial

# **LIMNOLOGÍA FÍSICA**

Organizadores:

Diego A. Pantoja

Javier Alcocer

Anatoliy Filonov

Tzitali Gasca

SE07-1

## EFFECTO DEL LIRIO ACUÁTICO EN LA TASA DE EVAPORACIÓN DE LA PRESA DE COINTZIO, MICHOACÁN

Vera Omar<sup>1</sup>, Pascual Fermin<sup>2</sup>, Prado Víctor<sup>3</sup> y Reyes Delfino<sup>4</sup><sup>1</sup>Licenciatura en Ciencias Ambientales, ENES, Morelia<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM, IIES, UNAM<sup>3</sup>Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería Agrohídrica, BUAP  
blackmambagadda@gmail.com

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) se ha documentado como una especie invasora altamente reproductiva, con potencial para invadir cuerpos de agua continentales limitando el desarrollo de otras especies animales y vegetales. Se ha estudiado que aparte de los problemas ambientales, contribuye de manera importante en la pérdida de agua en cuerpos de agua superficiales, disminuyendo la disponibilidad hídrica. El objetivo del trabajo fue estudiar las tasas de pérdida de agua en la presa de Cointzio debida a la invasión del lirio acuático. Su utilizaron técnicas de percepción remota para delimitar la cobertura del lirio en el vaso de la presa mediante el empleo de imágenes de satélite Sentinel-2; datos tabulados de coeficiente de desarrollo de cultivo para el lirio; datos de monitoreo climático del observatorio de Morelia y coeficientes de tanque para calcular la tasa de evaporación utilizando como referencia el Tanque Tipo A; se hizo un seguimiento mensual durante todo 2018. Los resultados mostraron que, en septiembre de 2018 con cobertura de 37%, la tasa de evaporación total del lago se incrementa en 32% si se considera un escenario libre de lirio. Se presentan los resultados mensuales durante todo el año. Los resultados son importantes porque alertan sobre la pérdida de agua en lagos interiores que ponen en riesgo el equilibrio ecológico y la disponibilidad de agua para las actividades productivas.

SE07-2

## CIRCULACIÓN GENERAL EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MICH., OBSERVACIONES 2018

Pantoja González Diego Armando<sup>1</sup>, Gasca Tzitali<sup>2</sup> y Filonov Anatoliy<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara, CUCEI UDeG<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)  
diegoseb1@gmail.com

El Lago de Zirahuén es un lago de alta montaña del tipo monomítico, oligotrófico y endorreico que posee una gran variedad flora y vegetación considerable, pero desafortunadamente el lago se ve afectado por el deterioro de la explotación irracional de sus recursos, además de las fuentes de contaminación de los asentamientos locales, el pastoreo de los animales y el cambio de uso de suelo, entre otros. Este estudio se presentan las primeras observaciones de variables físicas del lago (de febrero 2018 a Agosto 2018), a través de una cadena de termistores localizada en la parte más profunda del lago (~ 40 m), además de un ADCP anclado cerca de la misma cadena y transectos de un CTD ondulante.

SE07-3

## CLASIFICACIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO DE ZIRAHUEN, MICHOACÁN, A PARTIR DE MEDICIONES DE OXIGENO DISUELTUO, CLOROFILA-A Y PH

Vega Alvarez Nestor Alberto y Pantoja González Diego Armando

Universidad de Guadalajara, UDG  
nestor.vega@alumnos.udg.mx

# El lago de Zirahuén se sitúa en la parte central de Michoacán, es un lago monomítico, de tipo endorreico y con una profundidad máxima alrededor de los 40 m. Se encuentra a 2,075 m S.N.M. y posee una superficie de 10.48 km<sup>2</sup>. Actualmente el lago es la principal fuente de ingresos del poblado de Zirahuén, ubicado al noreste del lago y a unas decenas de metros de la orilla de este, pues atrae el turismo hacia la zona, además, es una fuente directa de alimento para algunos pobladores dedicados a la pesca. El objetivo del estudio fue realizar mediciones directas en el lago de distintas variables para determinar la calidad del agua de este. Con un CTD marca RBR modelo XR-620 se realizaron mediciones del perfil vertical del oxígeno disuelto, clorofila-a y pH en distintos puntos del lago (durante una jornada de un día). Se realizó una interpolación con estos datos, con lo que se obtuvieron mapas de la distribución de estas variables para algunas secciones verticales del lago. Se encontraron concentraciones de oxígeno disuelto por encima de los 3 mg/L hasta los 16 metros de profundidad, esta concentración es la mínima requerida para la supervivencia de la mayoría de los peces según la EPA. Se encontró un rango de pH de entre 6.5 y 9 hasta los 23 metros de profundidad, dentro del rango aceptable de pH para cuerpos de agua dulce también según la EPA. El rango de clorofila-a encontrado fue de 0 a 8 µg/L, aunque en la mayor parte de las mediciones el valor oscilo entre 0 y 1. Según la OCDE, con concentraciones de clorofila-a de 1 a 8 µg/L un lago se puede clasificar como oligotrófico, lo que quiere decir que sus aguas tienen bajas concentraciones de nutrientes y por lo tanto baja producción primaria, dicho de otra forma, una baja producción de algas que de hecho en un signo de una buena calidad del agua. Con todo lo anterior podemos catalogar al lago de Zirahuén como un lago con buena calidad en su agua actualmente y con una zona,

suficientemente amplia, en la que los peces pueden subsistir que alcanza los 16 metros de profundidad.

SE07-4

## PROCESOS DE DISPERSIÓN EN EL LAGO DE ZIRAHUÉN, MICHOACÁN

Gasca Tzitali<sup>1</sup>, Domínguez-Mota Francisco Javier<sup>1</sup> y Pantoja González Diego Armando<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara, CUCEI  
tzitlaseb@gmail.com

El Lago de Zirahuén es un lago de alta montaña del tipo monomítico, oligotrófico y endorreico que posee una gran variedad flora y vegetación considerable, pero desafortunadamente el lago se ve afectado por el deterioro de la explotación irracional de sus recursos, además de las fuentes de contaminación de los asentamientos locales, el pastoreo de los animales y el cambio de uso de suelo, entre otros. Se presentan resultados numéricos con base en las observaciones realizadas durante el año 2018, de procesos de dispersión para el periodo de muestreo, mediante el uso de un drone y procesamiento de imágenes para estimar los coeficientes de dispersión que utiliza el modelo numérico Delft3D. Además se presenta el problema inverso para estimar el coeficiente de difusividad horizontal de la ecuación de transporte para un trazador.

SE07-5

## LIMNOLOGÍA FÍSICA DEL LAGO CRATER DE ISLA ISABEL, NAYARIT

Palacios Emilio y Filonov Anatoliy

Universidad de Guadalajara, UDG  
emilio6x111@gmail.com

Se realizó un experimento hidrológico-meteorológico del 23 de marzo de 2011 al 16 de febrero de 2012 en el Lago Cráter de Isla Isabel, con la finalidad de calcular los flujos de calor a través de la superficie y describir la presencia de un máximo de temperatura subsuperficial (1.5 m de profundidad) de 46°C que se presenta durante el mes de septiembre. Los datos indican que los flujos de calor a través de la superficie, mantienen el equilibrio térmico del lago, y que el máximo subsuperficial es generado, debido a la turbidez del agua, la fuerte haloclina permanente y el temporal de lluvias.

SE07-6

## VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y LA CARGA DE SEDIMENTOS DE LA CUENCA DEL RÍO USUMACINTA, MÉXICO

Soria Reinoso Ismael<sup>1</sup>, Alcocer Javier<sup>2</sup>, Oseguera Luis<sup>2</sup>, Cuevas Lara Daniel<sup>1</sup> y Cortés Guzmán Daniela<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México  
ismaf21@gmail.com

El río Usumacinta es el principal sistema fluvial de México y el décimo en América del Norte. Al ser un río tropical, el clima exhibe una estación lluviosa en verano y otra relativamente seca en invierno, influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación estacional y espacial de las variables físicas a lo largo de la cuenca media y baja del río Usumacinta -y los afluentes Chixoy, La Pasión, Lacantún y San Pedro-, en dos épocas hidrológicas contrastantes (temporada de lluvias 2017-TL y secas 2018-TS), así como la carga de sedimentos transportada al océano. La temperatura promedio para la columna de agua en la TL fue 25.2±1.7°C, con un incremento lineal (~7°C) desde la cuenca media hacia la costa; mientras que, durante la TS la temperatura fue mayor y casi constante (28.3±0.8°C), sin variación significativa. La conductividad eléctrica estandarizada a 25°C (K25) tuvo un promedio de 356±73 µS cm<sup>-1</sup> en la TL, sin tendencia alguna río abajo; mientras tanto en la TS el promedio fue 8,425±15,076 µS cm<sup>-1</sup> con valores máximos (~54,136 µS cm<sup>-1</sup>) en las estaciones cercanas a la desembocadura debido al ingreso de una cuña salina; sin embargo, aún sin considerar el efecto de la cuña salina, la K25 es ~2 veces mayor en la TS por el balance precipitación- evaporación. La turbidez fue mayor durante la TL (51±26 NTU versus 41±11 NTU) y no se observa una tendencia clara de variación hacia la costa en ninguna temporada; no obstante, en la subcuenca del río Lacantún la turbidez es máxima (~110 NTU) durante la TL por el arrastre de material erosionado y la velocidad del cauce; esto se puede corroborar debido a que la concentración de sólidos suspendidos (SST) (~131 mg/L) es alta y por ende la transparencia de la columna de agua medida como profundidad de disco de Secchi (ZDS) es mínima (~0.10m). Sin embargo, durante la TS el aporte de material alóctono disminuye y la ZDS es mayor, tanto en el río Lacantún (~2.70m), como en la cuenca baja (~0.8m). El caudal durante la TL fue un orden de magnitud mayor que durante la TS (141–5,970 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> versus 15–1,080 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>); por lo tanto, existe una clara estacionalidad en la exportación de SST debido a que las tormentas ciclónicas promueven la erosión y el arrastre de grandes volúmenes de sedimentos en la TL como resultado de flujos hiperconcentrados y turbios. En la TL, el transporte de SST hacia el Golfo de México

del río Usumacinta y la confluencia con el río Grijalva es ~48 veces mayor que en la TS ( $39,381 \pm 7,205$  t d-1 versus  $809 \pm 465$  t d-1). En conclusión, la estacionalidad es una característica dominante de las variables físicas y el flujo de SST en el río Usumacinta, por lo cual estas variaciones deben verificarse por estudios posteriores.

SE07-7

### ESTRUCTURA TÉRMICA Y CLIMA DE LUZ EN 18 LAGOS DEL PARQUE NACIONAL "LAGUNAS DE MONTEBELLO", CHIAPAS, MÉXICO

Oseguera Luis, Alcocer Javier, Cortés Guzmán Daniela, Cuevas Lara Daniel y Soría Reinoso Ismael  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
loseguera@unam.mx

El Parque Nacional "Lagunas de Montebello" (PNLM) es un complejo lacustre de origen kárstico, con características bati- y morfométricas variadas, en el sureste del Estado de Chiapas, en la frontera con Guatemala. El objetivo de este trabajo fue evaluar la estructura térmica y el clima de luz de los cuerpos acuáticos del PNLM. Para ello se seleccionó una muestra representativa de 18 lagos en los que se midieron perfiles verticales de temperatura y radiación fotosintéticamente activa (PAR) en dos temporadas hidrodinámicas contrastantes. Con base en lo anterior se determinó la estructura térmica y capa de mezcla (ZMIX), así como el clima de luz y la zona eufótica (ZEU = 1% del PAR). En la temporada cálida de lluvias la temperatura promedió  $21.1 \pm 1.4^\circ\text{C}$  (de  $17.5^\circ\text{C}$  en Montebello a  $26.0^\circ\text{C}$  en Liquidambar y San Lorenzo) y la ZMIX promedió  $11.3 \pm 7.9$  m con un rango entre 1m (San Lorenzo) y 24 m (Pojoj). Para la temporada de fría de secas el promedio fue de  $18.3 \pm 0.9^\circ\text{C}$  ( $17.1^\circ\text{C}$  en Montebello) a  $20.7^\circ\text{C}$  en Balantetic) y la ZMIX promedió  $21.8 \pm 22.5$  m con un rango entre 1 m (San Lorenzo) y toda la columna de agua durante la circulación de los lagos. La ZEU varió de 1.8 m (Chajchaj) a 73.1 m (Pojoj) durante la época cálida de lluvias con un promedio de  $21.8 \pm 22.5$  m. En la temporada fría de secas ZEU promedió  $22.6 \pm 14.5$  m con un máximo de 48.8 m en Cinco Lagos y un mínimo de 2.8 m en San Lorenzo. El comportamiento térmico y el clima de la luz estuvieron determinados principalmente por el estado trófico de los lagos; los lagos eutróficos se caracterizaron por presentar ZMIX y ZEU reducidas, así como termoclinas superficiales de fuerte gradiente, mientras que los oligotróficos presentaron ZMIX y ZEU amplias así como termoclinas profundas y de gradiente moderado.

SE07-8

### DINÁMICA A LARGO PLAZO DE LA TEMPERATURA Y LA ZONA EUFÓTICA EN UN LAGO MONOMÍCTICO TROPICAL

Cuevas Lara Daniel, Alcocer Javier, Oseguera Luis, Cortés Guzmán Daniela y Macek Miroslav  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
daniel.cuevas@comunidad.unam.mx

El lago Alchichica, Puebla, forma parte de la Red Mexicana de Estudios Ecológicos a Largo Plazo. Uno de los compromisos adquiridos ante la Red es dar seguimiento a un monitoreo limnológico que a la fecha suma 20 años (1999-2018). Entre las variables evaluadas se encuentran la temperatura del agua así como la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Con el fin de reconocer la dinámica a largo plazo de la temperatura y la PAR se analizaron los resultados del seguimiento de la temperatura promedio de la columna de agua, de la capa de mezcla, la superficial y la de fondo, así como la profundidad de la zona eufótica (ZEU = 1% de la PAR en superficie). No se encontraron cambios significativos en la temperatura promedio de la columna de agua ni en la de las diferentes capas consideradas, excepto en la profunda que sugiere la presencia de un calentamiento progresivo del agua profunda. Asimismo, la ZEU mostró una disminución en sus valores máximos (etapa de aguas claras). La regresión lineal de la profundidad de la termoclina planar mostró que el lago presenta una estratificación más intensa, de manera que en los 20 años de estudio la termoclina planar ha aumentado su diferencia de  $0.3^\circ\text{C}$  a  $0.7^\circ\text{C}$ . La tasa anual de aumento en la temperatura de fondo del lago Alchichica ( $\#0.02^\circ\text{C}/\text{m}$ ) es mayor que la reportada en otros lagos templados ( $0.015^\circ\text{C}/\text{m}$ ) y el doble para lagos tropicales ( $0.009-0.01^\circ\text{C}/\text{m}$ ), donde se ha observado que este aumento afecta su dinámica y estructura térmica. La información analizada sugiere un efecto de cambio climático regional a través del calentamiento, así como de una disminución de la transparencia de las aguas del Lago Alchichica.

SE07-9

### RESULTADOS DE UNA COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DURANTE EL AÑO 2007 DE LOS LAGOS CRÁTER DEL VOLCÁN NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Barba López María del Refugio<sup>1</sup>, Filonov Anatoliy<sup>2</sup>, Alcocer Javier<sup>1</sup>, Pantoja González Diego Armando<sup>2</sup> y Tereshchenko Iryna<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara, UdeG  
marybarba90312@gmail.com

En este trabajo se presentan los resultados de una comparación entre el comportamiento térmico de los lagos "El Sol" y "La Luna", ubicados en el cráter del volcán Nevado de Toluca, México. Ambos son lagos de alta montaña tropicales, ya que se localizan por encima de la línea de crecimiento de vegetación arbórea. La altitud a la que se observa la línea de vegetación arbórea depende de la latitud, y se encuentra a mayor altitud en latitudes bajas (Oseguera, Alcocer, & Escobar, 2016). Para zonas tropicales la línea arbórea se encuentra en altitudes > 3000 m. s. n. m. (Margalef, 1983a), altitudes en las cuales la temperatura media del verano es menor a los  $10^\circ\text{C}$  (Cuna, Caballero, Zawisza, & Ruiz, 2015). Durante el año 2007, investigadores del ICMYL (UNAM) instalaron en el interior de cada lago, un anclaje con medidores de temperatura a diferentes profundidades. Para el lago "El Sol" las profundidades de muestreo fueron: 0, 3, 6, 9 y 12 m, mientras que para el lago "La Luna" las profundidades correspondían a las profundidades de 0, 2.5, 5, 7.5 y 10 m. El periodo de muestreo para realizar el análisis abarca del 01 de enero de 2007 a las 12:00:00 hr, al 01 de enero de 2008 a las 12:00:00 hr. La discretización temporal del muestreo fue de 15 minutos, teniendo un total de 35041 datos de temperatura en cada horizonte de profundidad, para cada lago. Los resultados de estas mediciones muestran que en ambos lagos la temperatura máxima se registró el día 14 de agosto, siendo mayor en el lago "La Luna", con un valor de  $14.29^\circ\text{C}$ , en tanto que para el lago "El Sol" se registró un valor máximo de  $14.266^\circ\text{C}$ . El valor mínimo en "El Sol" fue de  $0.412^\circ\text{C}$ , el 04 de enero; mientras que para "La Luna" fue el 05 de enero, con un valor menor a  $0^\circ\text{C}$ , siendo este dato de  $-0.004^\circ\text{C}$ . Además, se realizó un análisis de un día promedio anual, observándose que el calor logra penetrar hasta mayores profundidades en el lago "El Sol", en donde se nota que la columna de agua presenta un calentamiento hasta los 6 metros. Para el lago "La Luna" el calor sólo logra penetrar hasta una profundidad aproximada de 3 metros.

SE07-10

### EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS MULTI-ESCALA DE ALTA RESOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO

Montes Aréchiga Jorge Manuel, Filonov Anatoliy,  
Pantoja González Diego Armando y Tereshchenko Iryna  
Universidad de Guadalajara, UDG  
jorge.montes@academicos.udg.mx

La temperatura superficial es un importante parámetro para el entendimiento de la dinámica de los lagos, ecología y el cambio climático; así mismo es una variable de entrada para modelos hidrodinámicos. En este trabajo se utilizan datos del "Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) Lake Surface Water Temperature (LSWT) Analysis" en el lago de Chapala, México. Una de las ventajas de este análisis es que sintetiza datos de diferentes plataformas de sensores remotos con diferentes escalas espaciales y temporales, lo que permite obtener una serie de tiempo con datos diarios que parte de junio de 2002 la fecha y con una resolución espacial de 1 km. Se realiza una comparación de los datos de MUR LSWT con datos de temperatura obtenidos del 20 de abril al 12 de septiembre de 2005 en un anclaje instalado en la parte norte del lago. En general los datos de LSWT muestran un comportamiento similar al de los datos del anclaje, con un sesgo (MUR LSWT- in situ) de  $-0.25^\circ\text{C}$  y un RMSE de  $0.82^\circ\text{C}$ .

SE07-11

### ESTUDIO DE LAS OSCILACIONES LIBRES (SEICHES) EN EL LAGO DE CHAPALA

Avalos Cueva David, Monzón César Octavio, Filonov Anatoliy, Tereshchenko Iryna, Galaviz González José Roberto y Limón Covarrubias Pedro  
Universidad de Guadalajara  
david\_avalos\_cueva@hotmail.com

En este estudio, presentamos un análisis de la estructura modal de las aguas superficiales del Lago de Chapala usando modelación matemática y mediciones in situ. Se utilizó el modelo hidrodinámico bi-dimensional de HAMSOM, las simulaciones se implementaron con campos de viento de estaciones meteorológicas situadas a lo largo y centro del lago. Las simulaciones fueron realizadas para diferentes niveles de almacenamiento que ha registrado el Lago de Chapala. Así mismo, se llevaron a cabo dos campañas durante el 2003 en las cuales se registraron las oscilaciones de nivel en tres puntos (orilla este, oeste y parte central del lago). Posteriormente, se realizó un análisis de los seiches superficiales del lago utilizando el método de la transformada rápida de Fourier. El análisis espectral

de las mediciones del nivel de las aguas del lago revela registros de seiches con periodos cercanos a 5.9, 3.2 y 1.5 h. Una comparación con los periodos calculados por el modelo HAMSOM indica que estos periodos corresponden a los seiches superficiales del modo propio longitudinal del lago y a los tres modos subsiguientes. El lago ha sufrido importantes cambios en su nivel de almacenamiento a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se realizó la modelación con diferentes niveles de almacenamiento del lago, iniciando de la isóbata de 90 m hasta la 95 m (escala local, donde la capacidad máxima de almacenamiento es de 7.897 Mm<sup>3</sup>, correspondiente a la isóbata de 97.8 m), y se encontró que los periodos de los seiches superficiales disminuyeron hasta 5.2 horas.

SE07-12 PLÁTICA INVITADA

### **BREVE REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS POR CIENTÍFICOS DE LA UDEG EN EL CAMPO DE LA LIMNOLOGÍA FÍSICA EN LAGOS MEXICANOS**

Filonov Anatoliy  
*Universidad de Guadalajara, UdeG*  
afilonov@prodigy.net.mx

Se discuten los estudios realizados en las primeras dos décadas del siglo XXI acerca de los procesos y campos físicos en lagos mexicanos. Los investigadores de la Universidad de Guadalajara (algunos con la Universidad Autónoma de México), llevaron a cabo estudios utilizando termógrafos modernos, anclajes sumergidos con cadenas de termistores, diseños de antenas de tales anclajes, medidores de corriente (ADCP), perfilógrafos, estaciones meteorológicas automáticas, drones y otras herramientas. Se discuten las características de regímenes térmicos y dinámicos de lagos como Chapala, Cajititlán, Santa María del Oro, Zirahuén, Alchichica, lago en la isla Isabel, lagos El Sol y La Luna en el volcán Nevado de Toluca y otros. Se presentan algunas modelaciones numéricas con modelos hidrodinámicos contemporáneos.

Sesión especial

**CIENCIAS SUBACUÁTICAS,  
EXPERIENCIAS Y HERRAMIENTAS  
PARA LA INVESTIGACIÓN MARINAS  
Y EN AGUAS CONTINENTALES**

Organizadores:

Leonardo Figueroa  
Christopher Hancock

SE08-1

## MARITIME BROADBAND RADIO – EXPANDING OPERATIONS IN REMOTE AREAS

Haugen Vegard<sup>1</sup> y Hancock Chris<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kongsberg Maritime Inc  
<sup>2</sup>Kongsberg Underwater Technology Inc  
 vegard.haugen@km.kongsberg.com

Autonomous platforms have been increasing in number and sophistication in recent years for both military and civilian applications in the marine sector. Maritime autonomy platforms are generally intended for the acquisition of data from many sensors to be used together to inform decision makers, either in real-time or post-mission. With each platform design are common goals of efficiently utilizing robotics for an overarching task, either as a replacement (labor cost reduction), an extension (the 'force multiplier' concept), or as an expansion of capabilities (doing something new). By focusing on the capabilities within the overarching task, the platform manufacturers can be sure the sensor payloads will adequately meet the needs of the end-user. On the other hand, questions of scale can't simply be answered with more platforms. The simplicity of network interfacing across multiple platforms, already in wide use among sensor manufacturers on a single platform, allows for the shared use of real-time data to expand operations. In the development of multiple platform operations, current telemetry methods are limited by range, bandwidth, and cost. In this paper we present examples illustrating the potential of a phased array smart antenna to maximize coordination amongst manned, semi-autonomous, and fully autonomous platforms. Utilizing a flexible, long-range, high bandwidth solution empowers integrators and end-users to expand the capabilities of their platforms in single or multiple operational modes.

SE08-2

## LAS TÉCNICAS GEOFÍSICAS MARINAS: ADQUISICIÓN DE DATOS Y SU DESPLIEGO EN UNA BASE DE DATOS ACADÉMICA

Pérez Calderón Daniel Armando, Bandy William y Mortera Gutiérrez Carlos Angel  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 danielp@igeofisica.unam.mx

Los métodos geofísicos marinos y sus diversas técnicas han permitido obtener información del lecho marino y sus procesos geológicos de manera indirecta, lo que ha facilitado el estudio de nuestros océanos y sus condiciones, las estructuras geológicas y sus procesos como los sismos y tsunamis, la identificación de reservas petroleras, minerales y geotérmicas, las condiciones y evolución del campo geomagnético de la Tierra, entre otros procesos físicos. Debido a esto, se ha generado tecnología acorde a la propiedad física a investigar, siendo así los métodos geofísicos como la reflexión sísmica, la magnetometría y gravimetría marina, la batimetría multihaz y el backscatter, los métodos más usados en la comunidad científica y en la industria. Sin embargo, la información adquirida en las campañas oceanográficas es típicamente resguardada en discos duros o unidades de almacenamiento masivo, que con el paso del tiempo puede borrarse o extraviarse. Es por ello que en la actualidad, existen diversas bases de datos donde se almacena dicha información y esto permiten por un lado, observar las áreas o sitios en donde fue adquirida algún tipo de información geofísica o geológica así como el tipo de información recopilada durante las campañas oceanográficas; y por otro, dicha información puede ser solicitada con sus respectivos derechos de autor y permisos para su uso, por investigadores o profesionistas afines, ya sea para generar nueva información y tomarla como base en sus investigaciones o para la creación de mapas que permitan indagar de manera muy general el área de estudio en la cual se tiene pensado realizar alguna adquisición marina. Debido a esto y como parte de integrar su información en una plataforma o portal Web, el grupo de Geofísica Marina del Instituto de Geofísica de la UNAM, cuenta con una base de datos de las campañas oceanográficas realizadas desde el 2006, en donde se han realizado estudios y adquisición de datos con los métodos de magnetometría marina, batimetría multihaz y reflexión sísmica de alta resolución al Oeste de la República Mexicana en el océano Pacífico y Golfo de California y al oriente, en el Golfo de México.

SE08-3

## ACOUSTIC DOCUMENTATION OF THE BLUE HOLE BELIZE

Atherton Mark<sup>1</sup> y Figueroa Leonardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kongsberg Mesotech Ltd  
<sup>2</sup>Kongsberg Maritime Mexico SA de CV, Kongsberg  
 mark.atherton@km.kongsberg.com

In December 2018 the Blue Hole Belize was the site of a Discovery Channel/Aquatica Submersibles Expedition to document the world's largest cenote using submersibles, Remotely Operated Vehicle (ROV) and sonar technology. The presentation focuses on some of the challenges of acoustically documenting this UNESCO World Heritage site and the spectacular data generated using multiple sonar systems supplied by Kongsberg Mesotech Ltd.

SE08-4

## SOLUCIONES DE ACÚSTICA Y ROBÓTICA SUBMARINA APLICADAS A LA ARQUEOLOGÍA SUBMARINA

Carrasco Vicente<sup>1</sup> y Figueroa Leonardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kongsberg Maritime Inc  
<sup>2</sup>Kongsberg Maritime Mexico SA de CV, Kongsberg  
 vicente.carrasco@km.kongsberg.com

Son muchos los restos arqueológicos de nuestro patrimonio histórico y cultural que permanecen sumergidos. De algunos de ellos se tienen los indicios necesarios para poder ir en su busca, pero los costes operativos de las campañas de búsqueda y localización lo complican mucho. La tecnología disponible hoy en día permite realizar exploraciones a muy bajo coste que aporta mucha luz con rendimientos operativos muy grandes en comparación a los costes de operación. La combinación de tecnologías acústicas, laser, cámaras hacen que la exploración amplíe sus capacidades y reduzca su tiempo de operación necesario. Las empresas, hoy en día, han abierto su abanico a otros servicios además de la venta, disponiendo hoy en día de alquilar temporalmente una herramienta que por sus costes resulta difícil de adquirir. Se abre un horizonte tecnológico y operativo muy diverso para la exploración arqueológica.

SE08-5

## FK190211 CRUISE RESULTS FROM SEAFLOOR MAPPING AT GUAYMAS BASIN, MÉXICO - INTERACTIONS BETWEEN SEDIMENTS AND BACKSCATTER MULTIBEAM IMAGES

Millán Motolinía María del Carmen<sup>1</sup>, Joye Samantha B.<sup>2</sup> y Mortera Gutiérrez Carlos Angel<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Laboratorio Universitario de Cartografía Oceanica, UNAM  
<sup>2</sup>University of Georgia, USA  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
 carmenmillanm@gmail.com

Multibeam (MB) data was collected on board the RV Falkor FK190211 cruise (Schmidt Institute of Oceanography), as part of the study on the "Microbial Community Structure and Geochemical Regimes along Extreme Hydrothermal and Sedimentation Gradients in the Gulf Of California", between February 22 and March 13, 2019. The MB data was gathered with a Multibeam Echosounder System of Kongsberg, model EM302, and cruise survey was focus into two physiographic zones, separately: Guaymas Rift South and Sonora Margin. The site surveys were restricted to the night time between the SuBastian ROV dives and CTD cast logging, having in average 6 hours for mapping and processing the MB data. At each site survey, its priority was focus to identify plumes at the water column and then the mapping was concentrated to increase its spatial resolution. Whereas their survey coverage was based on testing the acoustic response of beams with distinct emission angles. Doing this we were able to identify many plumes in the water column at the Sonora Margin where were discovered a great number of cold seeps and many more plumes rising from hydrothermal vents were evidenced at Guaymas South Rift. These vents were ample visit by the SuBastian ROV. With this technique other plumes were imaged in the water column during the transit between both zones; however there was not time to explore those sites with the ROV. Differences at the seafloor backscatter images came out from the variations in the sediments, their ambient temperature and slope gradient. The backscatter response around the plume areas provides signatures where high temperature habitats are associated with hydrothermal vents; on the other hand, this situation is not clear with the seeps at Sonora Margin because the slope gradient has a significant influence in the acoustic response.

SE08-6

## INTEGRACIÓN DE BUQUES CIENTÍFICOS PARA OPERACIONES MARINAS FUTURAS

Carrasco Vicente<sup>1</sup> y Hancock Chris<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kongsberg Maritime Inc  
<sup>2</sup>Kongsberg Underwater Technology Inc  
 vicente.carrasco@km.kongsberg.com

La tendencia de investigaciones científicas marinas en cualquiera de las disciplinas tradicionales está modificando su "modus operandi" y por tanto los procesos de toma, gestión y procesado de datos. La evolución de la tecnología, a todos los niveles, está siendo la gran responsable de todos estos cambios. La incorporación de los sistemas avanzados de comunicación acústica submarina, junto con la robótica submarina y de superficie, la posibilidad de transmisión de gran cantidad de información a grandes distancias, modifican completamente el concepto de como estudiar el medio marino. De modo, que las plataformas de superficie han extendido su papel tradicional de toma de datos, y se han convertido además en plataformas logísticas desde donde se lanzan y recuperan vehículos y centros de comunicación desde donde transmitimos en tiempo real la información a tierra abriendo en gran medida las operaciones de investigación remota. Estas nuevas capacidades hacen que los buques estén dotados de un alto nivel de integración entre los diferentes sistemas que nos permitan llevar a cabo todas estas operaciones al máximo nivel de rendimiento.

## SE08-7 PLÁTICA INVITADA

**OIL AND GAS SEEPS IN THE DEEP WATER GULF OF MEXICO**Decker John<sup>1</sup>, Bernard Bernie<sup>2</sup>, Teas Philip<sup>1</sup> y Orange Daniel<sup>1</sup><sup>1</sup>ONE (Oro Negro Exploration LLC)<sup>2</sup>TDI-Brooks International  
john@seaseep.com

From 2015 to 2018, TGS conducted a comprehensive multiclient oil and gas seep hunting survey in the Gulf of Mexico (GoM). The basis for identifying seeps on the sea bottom was a high-resolution multibeam sonar survey mapping approximately 950,000km<sup>2</sup> of the sea bottom deeper than 750m water depth, at a bathymetric resolution of 15m and a backscatter resolution of 5m. Over 5000 seep targets were identified and of those, approximately 2000 piston cores were collected for hydrocarbon geochemical analysis. The sea-bottom mapping was acquired by Fugro using Kongsberg EM302 and EM122 multibeam echo sounders (MBES). The higher frequency, 30kHz EM302 was used primarily in shallower water, and the 12kHz EM122 was used primarily in deeper water, although we did overlap the systems for calibration and data comparison purposes. A key difference in the 2 systems for seep identification is the depth of penetration below the sea bottom. This is important because seeps are not always active and may not have been active for hundreds or thousands of years. By penetrating deeper into the subsurface, we can (occasionally) identify the rock record of seepage buried below the thick Holocene high stand mud drape. Using Sub-Bottom Profile (SBP) data and 20m Jumbo Piston Cores (JPC) we have been able to calibrate how far below the surface each system can see (actually "hear"). In typical water depths for each system, the 30kHz EM302 can resolve features buried 2 to 4m below the surface. The 12kHz EM122 can resolve features 10 to 15m below the surface. The GOM is one of leakiest basin in the world and we were able to identify and core a large number and wide variety of seep targets. Many targets can be identified with both bathymetric and backscatter. Backscatter is simply the "strength" of the returning sonar signal and is a function of the sedimentological characteristics of the sea bottom. One of the most important high backscatter anomalies, for seep hunting, is caused by chemosynthetic communities. These communities form where hydrocarbon gas leaks to the surface. In addition to chemosynthetic communities, seep targets in the GoM include brine pools, tar flows, asphalt hard grounds, and mud volcanos. Seep targets are also identified by Water Column Anomalies (WCA) or essentially gas plumes in the water column seen as a disruption to the MBES signal. By tracing the gas plumes back to the sea bottom, we can usually find the source of the leaking gas and collect cores of the sediment near the origin of the plume. The geochemical results of the program were spectacular. Many cores recovered tar or asphalt and several cores contained liquid oil. Gas fractures and hydrates were common. Over 500 cores were analyzed for biomarkers. The biomarker results could be linked to known source rocks and production in the Greater GoM region. Thermal maturity at generation, source age and source facies were also indicated from the biomarker results. Biomarker research is continuing with another 100 samples in progress

## SE08-8

**INSTRUMENTATION FOR THE COLLECTION OF SEDIMENTS AND MICROBIOLOGICAL SAMPLES IN THE HYDROTHERMAL VENT OF GUAYMAS BASIN - FK190211 FALKOR CRUISE**Millán Motolinía María del Carmen<sup>1</sup>, Joye Samantha B.<sup>2</sup> y Mortera Gutiérrez Carlos Angel<sup>3</sup><sup>1</sup>Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica (LUCO), UNAM<sup>2</sup>University of Georgia, USA<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
carmenmillanm@gmail.com

Multidisciplinary marine research in the Guaymas Basin has provided great interest internationally due to the physical, chemical and microbial processes that interact in the carbon cycle in this young basin, characterized by extensive sedimentation and the heat flow from its rifting between North American and Pacific plates. Recent cruises focused on marine geophysics, petrology, microbiology and geochemistry research have provided relevant information on the Guaymas Basin bottom conditions (among them: BO EL PUMA [2014], RV Sonne [2015], BO Alpha Helix [2016] and RV Atlantis [2016]) to sustain the development of IODP Expedition No. 385 with aim to collect microbiological and sediment subbottom samples to study the nature in rifting-basin environments. The 2019 expedition: MICROBIAL COMMUNITY STRUCTURE AND GEOCHEMICAL REGIMES ALONG EXTREME HYDROTHERMAL AND SEDIMENTATION GRADIENTS IN THE GULF OF CALIFORNIA led by Samantha B. Joye (University of Georgia) on board the RV Falkor (Schmidt Research Institute) conducted studies to learn about the environment microbial and megafauna populations in specific extreme habitats (as hydrothermal vents, cold seeps, methane hydrate structures, among others) to understand the diversity and unique interactions among living beings. To achieve a consistent collection of data and samples, the research facilities on the Falkor is provided with a variety of instruments, mainly based on the use its ROV (SuBastian) which has high-resolution video transmission in real time, designed to maintain control and quality in sediment collection and biological samples; with its deployment is possible to view different perspectives of the seafloor before reaching its surface and plan in detail the collection strategy. Another survey tool onboard the Falkor is

the EM302 multi-beam echo sounder, that is mainly use for bathymetric mapping and location of rising plumes of gases or fluids at the hydrothermal vents and cold seeps. Prior to sampling and with the support of hydroacoustic group, the EM302 was used at each target to get a high data density to produce its DTM at 5x5 m spatial resolution. This mapping allowed to identify early the main structures where hydrothermal vents or seeps could lie and then program their biogeochem sampling. The Falkor expedition collected 354 biological, chemical, physical and sediment samples at 12 ROV dives during 12 days at the Southern Rift graben of Guaymas Basin and the Sonora Margin pull apart basin.

## SE08-9 CARTEL

**TOPAS SUB BOTTOM PROFILER TOOL FOR MARINE GEOPHYSICS**Ellis Paul<sup>1</sup>, Gutierrez Francisco<sup>1</sup> y Figueroa Leonardo<sup>2</sup><sup>1</sup>Kongsberg Geoaoustics<sup>2</sup>Kongsberg Maritime Mexico SA de CV, Kongsberg  
paul.ellis@km.kongsberg.com

In 2018 the manufacture of Kongsberg's TOPAS parametric sub-bottom profiler range shifted from Kongsberg Defence in Norway to Kongsberg GeoAcoustics in the United Kingdom. Originally developed as a harbour defence tool to be used for underwater communication, the potential of TOPAS as a sub-bottom profiler and it's benefits over conventional linear systems was soon realised and since 1990 when the first system was installed, many more have been delivered to customers across the globe. The transfer of production to the UK puts TOPAS and the reliable and robust GeoPulse range under one roof and means Kongsberg GeoAcoustics now offer sub-bottom profiling equipment to suit any requirement or budget. For high resolution imaging and characterisation of sediment layers or locating buried objects such as pipes and cables, whether you require a portable system, suitable for use on small vessels of opportunity either as an over-the-side mount or tow fish, right up to a fixed installation on a vessel operating at full ocean depth and in concert with complex multibeam systems or anywhere in between, Kongsberg GeoAcoustics can now provide it.

## SE08-10 CARTEL

**ALERTA TEMPRANA DE TSUNAMIS**Carrasco Vicente<sup>1</sup>, Hancock Chris<sup>2</sup> y Figueroa Leonardo<sup>3</sup><sup>1</sup>Kongsberg Maritime Inc<sup>2</sup>Kongsberg Underwater Technology Inc<sup>3</sup>Kongsberg Maritime Mexico SA de CV, Kongsberg  
vicente.carrasco@km.kongsberg.com

Tradicionalmente la detección temprana de Tsunamis se ha realizado medición de pequeños efectos producidos en las olas en alta mar. El acierto de la interpretación de estas señales detectadas no era del todo fácil y lleva a la confusión y a errores en algunas situaciones. El desarrollo conseguido combinando diversas tecnologías que discriminaran los posibles errores o dudas generadas hasta ahora. La incorporación de sensores de movimientos sísmicos a los sensores tradicionales que permiten relacionar movimientos telúricos o deslizamiento de tierras con la posibilidad de una amenaza real de Tsunami.

## SE08-11 CARTEL

**ADVANCEMENTS OF UNDERWATER CARBONATE CHEMISTRY SENSORS**

Sobin Jacob, Marx Stefan, Hancock Chris y Figueroa Leonardo

<sup>1</sup>Kongsberg Maritime

jacob.sobin@km.kongsberg-us.com

During the last years, automated chemical analyzers have experienced wider utilization within diverse in-situ applications. Environmental monitoring, especially the determination of carbonate chemistry parameters, put high demands on the measuring specifications. The recent demand for multiple parameter measurements has led to new novel technologies for sensing in sea, blackish, and fresh water. This poster will present the latest development status of instruments from Kongsberg Maritime Contros, a sensor manufacturing expert from Kiel, Germany. The following sensors and parameters will be discussed: TA - Analyser for total alkalinity in seawater CO# FT - Carbon dioxide sensor for flow-through applications pH - Analyzer for the pH value in water CO# - Carbon dioxide sensor for underwater applications This poster will focus on the two new sensors from CONTROS for autonomous measurements of pH and TA. The CONTROS HydroFIA TA was developed and applied in the NOAA funded project TAACT in which the analyzer underwent intense field testing. Valuable TA datasets with high temporal and special resolution were obtained for the first time. The instrument was characterized and successfully further improved for long-term deployments, such as on VOS lines, within the EU Horizon 2020 funded project AtlantOS. Furthermore, the analyzer was used in several other studies benefiting from the capabilities of the automated measurement method. After a successful development in the BONUS PINBAL project, the CONTROS HydroFIA pH wet-chemical analyzer finds application in the follow-up project BONUS INTEGRAL for long-term monitoring of the pH value

in the Baltic Sea. It's calibration- and drift-free measurement principle makes this instrument suitable for long-term monitoring of even small trends as found in actual ocean acidification studies. Applicability is given for brackish to open ocean salinity water bodies.

Sesión especial

**FRONTERA ENTRE LA ARQUEOLOGÍA,  
ANTROPOLOGÍA Y LAS GEOCIENCIAS:  
PRIMER ENCUENTRO DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE  
ARQUEOMETRÍA DEL OCCIDENTE**

Organizadores:

Rodrigo Esparza  
José Luis Punzo  
Blanca Maldonado  
Peter Jiménez

SE09-1 PLÁTICA INVITADA

## GEOCIENCIAS Y CULTURA: ESTUDIOS EN EL OCCIDENTE MICHOACANO. UN MODELO DE INVESTIGACIÓN DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO, LA MULTI, INTER Y TRANSDISCIPLINA

Moreno Nava Ignacia, Martínez Reyes José, Vera Romero Iván y Ortiz Soriano Agustina  
*Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo*  
imoreno@ucienegam.edu.mx

La conjunción entre geociencias y cultura es una temática que el cuerpo académico UC-CA-3 "Paisajismo y Sustentabilidad" conformado por investigadores de las trayectorias de Ingeniería en Energía, Licenciatura en Innovación Educativa y Licenciatura en Estudios Multiculturales de la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH) ha venido trabajando desde 2013, identificando manifestaciones del patrimonio cultural inmaterial (leyendas e historias) que eran potencialmente interesantes para su profundización investigativa y análisis desde las geociencias, así como sitios con potencial para estudios arqueométricos. A partir de un modelo investigativo construido desde el pensamiento complejo y operado mediante procesos multi, inter y transdisciplinarios, se ha buscado integrar conocimientos y metodologías, trabajo de campo y técnicas de análisis que involucran el uso de herramientas geofísicas como el uso de radar de penetración terrestre (GPR), microscopía electrónica de barrido (SEM), estudios de prospección geoquímica y exploración geotérmica, herramientas de imagen digital para mejoramiento de pictografías, técnicas fotogramétricas para la generación de modelos tridimensionales, revisión histórico - documental para diseño de trabajo de campo, gestión cultural, redes complejas, uso de dispositivos portátiles y aplicaciones para la gestión del territorio y realidad aumentada para documentación de sitios, lo anterior con la intención de generar investigación de frontera. Con los resultados obtenidos de estos estudios se han publicado artículos, libros y capítulos de libros como: Tecnología de radar de penetración terrestre como herramienta para el estudio del patrimonio cultural y bienes inmuebles de arquitectura civil (España, 2013), Geochemical prospection of the Chapala ciénega at Michoacán state (USA, 2014), Ansina de grandes. Oralidad de la zona geotérmica de "Los negritos" en Villamar, Michoacán (México, 2015), Material de difusión del patrimonio paleontológico y arqueológico y de La Ciénega de Chapala (México, 2015). Mineral elemental characterization by scanning electron microscopy of samples of the sierra de Pajacuarán, Mexico (India, 2016), De la cultura popular a la prospección geoquímica. Resultados de un abordaje de los patrimonios desde el pensamiento complejo y la transdisciplina en la región Ciénega de Chapala del Estado de Michoacán De Ocampo (Francia, 2016), Los espacios de la memoria. Cuentos, leyendas y relatos históricos de la Ciénega de Chapala (México, 2016), Crónica, pensamiento complejo y transdisciplina (España, 2017), Propiedades fisicoquímicas y terapéuticas de las aguas termales de la región Ciénega de Chapala: un enfoque interdisciplinario (México, 2017), Patrimonio cultural inmaterial en la dinámica del desarrollo regional desde el pensamiento complejo (México, 2018), Transversalidad, hologramía e interrelaciones en la generación de saberes desde la complejidad (México, 2018), La gestión de los patrimonios culturales y naturales como campo multi, inter y transdisciplinario (México, 2019). Se plantea en próximos meses la experimentación con métodos y herramientas de las ciencias de la complejidad. En las instalaciones de la UCEMICH se cuenta con diversos equipos para potencial aplicación a estudios arqueométricos en los laboratorios de Ingeniería en Energía, Ingeniería en Nanotecnología, Genómica Alimentaria y Estudios Multiculturales. Una de las intenciones principales de este trabajo es generar vinculación con investigadores e instituciones interesadas en el trabajo en conjunto.

SE09-2

## DESARROLLO DE CURVAS DIRECCIONALES DE LA VARIACIÓN PALEOSECULAR EN MÉXICO PARA LOS ÚLTIMOS TRES MILENIOS

García Ruíz Rafael<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>2</sup>, Soler Arechalde Ana María<sup>2</sup> y Morales Juan<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
asrael.rafael@gmail.com

México cuenta con un gran acervo cultural debido al patrimonio que representan las culturas prehispánicas que se establecieron en el centro y sur de México, así como áreas adyacentes que conforman Mesoamérica, dichas culturas son una fuente invaluable de registros arqueomagnéticos gracias a los artefactos arqueológicos que desarrollaron y proveen de información del campo magnético de la Tierra al momento de su creación para los últimos milenios. El objetivo del presente trabajo es desarrollar curvas de variación paleosecular de la inclinación y declinación en México para los últimos tres milenios que proporcionen de manera homogénea y precisa la variación del campo magnético de México evitando los 'gaps' de más de 500 años, y junto al método de Bootstrap mitigar la presencia de posibles valores atípicos, con el fin de construir una herramienta de datación confiable. El cúmulo de arqueodirecciones Mesoamericanas permite desarrollar curvas de variación paleosecular para la declinación e inclinación magnética, con el objetivo de construir una herramienta de datación arqueomagnética confiable lo más homogéneamente distribuidas de manera temporal para la zona centro y sur de México. Dentro del presente trabajo se recopilaron 185 datos direccionales publicados dentro de la base de datos Geomag50.v3 junto a 38 datos publicados recientemente

dentro de un catálogo actualizado. La base de datos que se recopiló tiene en su mayoría direcciones arqueomagnéticas de arcillas cocidas, hornos, paredes y pisos quemadas entre otras estructuras quemadas todos portadores de la magnetización termoremanente. En algunos casos, los estucos no quemados con magnetización remanente detrítica y pinturas murales con magnetización remanente pictórica también son considerados.

SE09-3

## MINERALOGÍA MAGNÉTICA E ÍNDICE DE ROJEZ EN CERÁMICAS ARQUEOLÓGICAS DE EL OCOTE (AGUASCALIENTES)

García Ruíz Rafael<sup>1</sup>, Peltz Marin Ana<sup>2</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>, Morales Juan<sup>3</sup> y Cejudo Ruiz Rubén<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Centro INAH Aguascalientes  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>4</sup>Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica, UNAM  
asrael.rafael@gmail.com

En el presente estudio se analizó la estabilidad magnética de nueve muestras de cerámicas obtenidas dentro de la zona arqueológica Ocote en estado de Aguascalientes, mediante la obtención de las curvas de susceptibilidad magnética contra temperatura y la desmagnetización por campos alternos a fragmentos correspondientes a dichas cerámicas. Las muestras tienen colores característicos a simple vista como lo son bayo, café pulido, crema, guinda, gris, naranja, negro pulido, rojo brunito y rojo pulido, por esta razón se llevó a cabo la obtención de los parámetros de color de dichas muestras mediante el sistema de color CIE-L\*a\*b\* y Munsell, para posteriormente deducir la correspondencia entre el color característico, su índice de rojez y los óxidos presentes en las cerámicas. Finalmente se obtuvieron las intensidades arqueomagnéticas absolutas mediante el protocolo de Thellier y Thellier a seis de las nueve muestras cerámicas, para posteriormente encontrar la edad representativa del momento de la elaboración de dichas cerámicas, mediante el uso de las curvas de variación paleosecular de México y Mesoamérica.

SE09-4

## METALURGIA DE COBRE EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO: UN ESTUDIO DE CASO DE TEUCHITLÁN, JALISCO

Maldonado Blanca<sup>1</sup>, Tropper Peter<sup>2</sup>, Heredia Verónica<sup>1</sup> y Angerer Thomas<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>El Colegio de Michoacán, A.C., Sede La Piedad  
<sup>2</sup>Institute of Mineralogy and Petrography, University of Innsbruck  
bem171@gmail.com

La metalurgia ha sido considerada uno de los desarrollos socio-tecnológicos prehispánicos más característicos del Occidente de México [1]. Basada principalmente en el cobre y sus aleaciones, esta tecnología se centró de manera particular en la creación de objetos suntuarios, que se utilizaron como símbolos de la élite social y política, así como en ceremonias religiosas y otros rituales. También se fabricaron algunos implementos utilitarios como agujas y anzuelos [2]. La metalurgia del Occidente, representa por lo tanto una referencia valiosa para comprender el contexto cultural en el cual se desarrolló. El objetivo del presente trabajo es discutir investigaciones recientes (y aún en proceso) relacionadas con el sitio de Teuchitlán, Jalisco, enmarcadas en el contexto general de la minería y la metalurgia en la región. Este trabajo representa un intento sistemático de caracterizar la metalurgia asociada con la Tradición Teuchitlán, una sociedad compleja prehispánica cuyo surgimiento y desarrollo generalmente se ubica desde fines del Periodo Formativo (200 d.C.) hasta el final del Clásico en Mesoamérica (ca. 900 d.C.) [3] [4]. Hasta ahora, ha sido posible analizar veinticuatro muestras de metal, incluyendo adornos como cascabeles fundidos 'a la cera perdida' y anillos trabajados en frío; así como implementos, tales como agujas y punzones, mediante microsonda electrónica de dispersión por longitud de onda (WD-EM). Los resultados preliminares indican que la mayoría de las muestras son de cobre casi puro, con pequeñas cantidades de plata. Análisis adicionales utilizando micro-XRF, indican también la presencia de as Fe, Zn, Mo, Sb y Sn, entre otros elementos. [1] Beekman, Christopher S., Recent Research in Western Mexican Archaeology, Journal of Archaeological Research 18, pp. 41-109, 2010. [2] Hosler, Dorothy, The Sounds and Colors of Power, MIT Press, Cambridge, 1994. [3] Weigand, Phil C., Jorge Herrejón y Sean M. Smith, Proyecto Arqueológico "Los Guachimontones", 2001-2002, Informe Técnico de las Unidades de Excavación Talleres 1 y Talleres 2, 2002. [4] Smith, Michael E., Form and Meaning in the Earliest Cities: A New Approach to Ancient Urban Planning. Journal of Planning History 6 (1), pp. 3-47, 2007.

SE09-5

## RELACIONES ESPACIALES Y PAISAJE CULTURAL, UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE PETROGRABADOS POR SIG DEL SITIO ARQUEOLÓGICO PRESA DE LA LUZ, MÉXICO

Esparza López Rodrigo<sup>1</sup>, Flores Muñoz Julieta<sup>2</sup> y Rodríguez Mota Francisco Manuel<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Estudios Arqueológicos-El Colegio de Michoacán, A.C.  
<sup>2</sup>University of Southampton  
jresparza@yahoo.com

Un total de 1,200 petrograbados se han localizado en el sitio arqueológico de la Presa de la Luz, Municipio de Jesús María, Jalisco, México. Si bien, la mayoría de los petrograbados se encuentran localizados en los alrededores de la misma presa, algunos se localizan alejados de ésta, cercanos a riachuelos o afloramientos de la toba sobre los cerros. Se sugiere, por su técnica de elaboración y tipo de petrograbado encontrado, correspondencia con la temporalidad del periodo epiclásico (alrededor de 600-900 d.C.). Del total de los petrograbados sobresalen 16 pecked cross o cruces punteadas y espirales. Sin embargo, abundan los llamados "pocitos" en los lechos de los ríos. En este trabajo se presentará la relación espacial encontrada a partir de un análisis básico elaborado aplicando los sistemas de información geográfica (SIG) que pretenden dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué relación espacial tienen estos petrograbados con los asentamientos prehispánicos del lugar? ¿Qué tanto se asocian al sistema hídrico? A través de técnicas propias del SIG, se analizaron las relaciones espaciales que los petrograbados guardan con su entorno con el propósito de hacer una primera lectura interpretativa de asociación espacial que estas expresiones iconográficas tienen, para integrarlas al paisaje cotidiano de los pobladores del complejo ceremonial de Los Agaves.

SE09-6 PLÁTICA INVITADA

## EL LABORATORIO INTERINSTITUCIONAL DE MAGNETISMO NATURAL: UNA RETROSPECTIVA DE LAS INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS ARQUEOLÓGICAS#GEOFÍSICAS REALIZADAS EN EL LIMNA DURANTE LA ÚLTIMA DÉCADA

Morales Juan  
Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, LIMNA  
jmorales@geofisica.unam.mx

Hoy más que nunca las investigaciones interdisciplinarias, y especialmente aquellas con un impacto social y humanista, jugarán un papel primordial para el desarrollo del país de acuerdo con el próximo Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. Como bien lo expresaron Aitken (1964) y Eighmy y Sternberg (1990) "El arqueomagnetismo ejemplifica el carácter interdisciplinario de la mayoría de la investigación arqueológica: requiere la experiencia tanto de las ciencias de la tierra como de la arqueología, con resultados que beneficien a ambas disciplinas". En este primer encuentro de la Sociedad Mexicana de Arqueometría del Occidente presentamos una retrospectiva de las investigaciones interdisciplinarias entre la arqueología y la geofísica realizadas en el LIMNA durante la última década, así como una prospectiva de la geofísica en la arqueometría y la geoarqueología.

SE09-7 CARTEL

## PRIMEROS DATOS ARQUEOMAGNÉTICOS DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS DE SINALOA

López Delgado Verónica<sup>1</sup>, Grave Tirado Luis Alfonso<sup>2</sup>, Vidal Cinthya<sup>3</sup>,  
Gogichaishvili Avto<sup>4</sup>, Soler Arechalde Ana María<sup>5</sup> y Morales Juan<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Centro INAH Sinaloa  
<sup>3</sup>Centro INAH Durango  
<sup>4</sup>Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM  
<sup>5</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
verol@ciencias.unam.mx

Los fragmentos cerámicos analizados pertenecen a los sitios arqueológicos La Sinaloa-Yebavito, El Limoncito, El Corral Falso, Coyotitán, La Roca, UPSIN, Mautillos, Piaxtla de En medio y Loma de Ramírez. Los tipos y estilos cerámicos identificados, sugieren que la ocupación de estos sitios inició hacia el 850/900 d.C. y terminó a la llegada de los españoles en 1532. La cronología relativa corresponde a etapas de Culiacán Temprano I o Fase La Divisa (1100-1200 d.C.), Culiacán Temprano II o Fase Acaponeta (900-1100 d.C.) y Horizonte Huatabampo (650/700-1050/1100 d.C.). Las arqueointensidades absolutas fueron obtenidas mediante experimentos de doble calentamiento acoplados con la estimación de ritmo de enfriamiento y anisotropía de la magnetización terromanente. Las estimaciones de edades arqueomagnéticas se basaron tanto a los modelos globales de variación secular de campo geomagnético como a la curva local de la intensidad absoluta para los últimos 2 milenios para el Centro de México y Sur de Estados Unidos.

SE09-8 CARTEL

## ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO DE HORNOS PREHISPÁNICOS DE CAL EN LA REGIÓN NORTE DE ICHKAANTIJOO, YUCATÁN

Villa Sánchez Alfredo<sup>1</sup>, Ortiz Ruiz Soledad<sup>2</sup>, De Lucio Morales Oscar G.<sup>3</sup>, Góngora Salas Ángel<sup>4</sup>, Cepeda Cob María<sup>4</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>5</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>6</sup>, Morales Juan<sup>6</sup> y Barba Pingarrón Luis<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Tecnológico De Ciudad Madero, ITCM  
<sup>2</sup>Posgrado en Estudios Mesoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro INAH-Yucatán  
<sup>3</sup>Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>4</sup>Centro INAH-Yucatán  
<sup>5</sup>Laboratorio de Prospección Arqueológica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México  
fred130996@gmail.com

El área de estudio está ubicado al norte de la ciudad de Mérida en la península de Yucatán. Las muestras a examinar fueron una serie de núcleos de hornos de cal relacionados a asentamientos prehispánicos localizados en la región Norte de Ichkaantijoo. Se cree que el propósito de estos hornos era principalmente la producción de cal a partir de roca caliza para elaboración de materiales de construcción. El método de datación por medio de arqueomagnetismo es una técnica viable dado que estos hornos estuvieron expuestos directamente a altas temperaturas, mayores a 700°C. Aparentemente todas las muestras son de origen kárstico, de material calcáreo y coloración pálida y café en algunas. Se analizaron 66 núcleos someros y 6 muestras de mano. Tratamientos magnéticos se realizaron mediante la aplicación de los campos alternos y las remanencias magnéticas fueron medidos con un magnetómetro de giro dentro de un blindaje. Los valores iniciales de la magnetización remanente natural fueron del orden de 10-3 a 10-5 A/m. En el proceso de desmagnetización por campos alternos, el 90% de las muestras fueron desmagnetizadas en campos de 50 mT a 60 mT. Las magnetizaciones primarias fueron exitosamente aisladas para la mayoría de las muestras analizadas mientras una muestra exhibe dirección evidentemente anómala que fue descartada para el ejercicio de fechamiento arqueomagnético.

SE09-9 CARTEL

## ESTUDIO MAGNÉTICO DE ARTEFACTOS QUEMADOS DEL SITIO ARQUEOLÓGICO EL CÓPORO (TUNAL GRANDE)

García Pimentel Alejandra Guadalupe<sup>1</sup>, Torrealba Padilla Carlos Alberto<sup>2</sup>, Cejudo Ruiz Rubén<sup>3</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>, García Ruiz Rafael<sup>3</sup>, Cervantes Miguel<sup>4</sup> y Morales Juan<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, INICIT, UMSNH  
<sup>2</sup>INAH Zacatecas  
<sup>3</sup>Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM  
alejandra9\_15@hotmail.com

La zona arqueológica El Cópore se localiza en el actual municipio de Ocampo, al noroeste del estado de Guanajuato. Los trabajos de investigación en el sitio comenzaron en el año de 1962 y continúan hasta la actualidad, con la finalidad de contribuir a la construcción de los acontecimientos prehispánicos ocurridos tanto en el sitio, como en la región del Tunal Grande. Pieza fundamental de esta construcción de acontecimientos es obtener la secuencia ocupacional del sitio y con ello contribuir a la cronología absoluta del Tunal Grande y la frontera Norte de Mesoamérica, lo cual es el objetivo de este trabajo, que se pretende alcanzar mediante el estudio magnético integral de pisos quemados ubicados en algunas áreas de la zona arqueológica El Cópore. A principios de diciembre de 2018 se realizó la extracción de 23 muestras de pisos prehispánicos quemados ubicados en seis áreas de la zona arqueológica El Cópore. En la Plaza del Ocaso correspondiente al Conjunto Gotas se muestreó el Salón Rojo sobre la plataforma Oriente, así como el Cuarto Oriente, Cuarto Central y Cuarto Poniente de la plataforma Norte. De la misma manera se muestreó la Estructura I del Conjunto Montes sobre la plataforma Oriente y la Estructura II del Conjunto Cópore sobre la plataforma Sur. Se prepararon 76 especímenes cúbicos y se midió la magnetización remanente natural a 53 de ellos mediante un magnetómetro de giro, posteriormente se realizó un proceso de desmagnetización por campos alternos, a 46 de estos 53 especímenes, utilizando campos de 0 a 55 mT, los cuales fueron aplicados con un desmagnetizador LDA 5 marca AGICO para eliminar magnetizaciones secundarias y obtener sus paleodirecciones medias. Adicionalmente se realizaron experimentos de magnetismo de roca para definir la naturaleza de los portadores magnéticos responsables de la magnetización terromanente.

SE09-10 CARTEL

### **MEDICIONES SISTEMÁTICAS ARQUEOMAGNÉTICAS SOBRE LOS FRAGMENTOS CERÁMICOS DE VALLE DE COLIMA (OCCIDENTE DE MÉXICO)**

Rodríguez-Tokutaira Marco<sup>1</sup>, Olay Ángeles<sup>2</sup>, Cejudo Ruiz  
Rubén<sup>3</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>, Morales Juan<sup>3</sup> y García Rafael<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, ITCM

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia, INHA

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica Unidad Michoacana, Instituto de Geofísica, UNAM  
tokutaira\_marco@hotmail.com

Reportamos mediciones arqueomagnéticas realizadas en el Valle de Colima con especial énfasis al sitio arqueológico Comala. El estudio comprende en total de 315 muestras pertenecientes a 45 fragmentos cerámicos. Los experimentos magnéticos realizados incluyeron las mediciones de la magnetización remanente natural, curvas termomagnéticas continuas, desmagnetización por campo alternos hasta 90 mT. 35 fragmentos fueron seleccionados para aplicar el protocolo de Thellier de doble calentamiento con la finalidad de determinar la arqueointensidad absoluta. Tratándose de material desplazado se procedió de la estimación de los intervalos probables del momento de la elaboración de cerámica usando únicamente los valores de intensidad absoluta usando la curva variación secular para el centro de Mesoamérica.

SE09-11 CARTEL

### **ESTUDIO PRELIMINAR DE PETROGRABADOS EN EL PICO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN**

Moreno Nava Ignacio<sup>1</sup>, Martínez Reyes José<sup>1</sup>, Vera Romero Iván<sup>1</sup>, Ortiz  
Soriano Agustina<sup>1</sup>, Nieto Esquivel Serapio<sup>2</sup> y Pedraza Renaud Roberto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo

<sup>2</sup>Sindicatura del H. Ayuntamiento de Peribán de Ramos

<sup>3</sup>Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística

imoreno@ucienegam.edu.mx

Localizado sobre el eje neo volcánico, en el municipio de Tancítaro, estado de Michoacán y con una altura máxima reportada de 3840 msnm, se ubica el estrato volcán Tancítaro, con actividad durante el cuaternario ( hace aprox. 500 M años) del tipo mono genético andesítico, característico del campo volcánico Michoacán-Guanajuato. En una de las prominencias de este estratovolcán conocida como "El Picacho", sobre una de las paredes laterales de la misma a una altura de 3517 msnm y con coordenadas 19°25'58.6" N y 102°18'19.0" W, se pueden observar presuntos trazos de diversas formas incluso geométricas, que podrían clasificarse como petrograbados, por lo cual el lugar ha sido llamado "el muro de los enigmas". Una primer inspección visual de las formaciones por parte de un equipo multidisciplinario, denota que las mismas son superficiales dando indicios de haber sido elaboradas, algunas de ellas probablemente con herramientas, toda vez que puede apreciarse filos notables en la orilla de los mismos, quizá de origen. En otras de las formaciones puede observarse desgaste en la orilla de las mismas, muy probablemente debido a la meteorización. Con el propósito de profundizar en el estudio de estas formaciones se procederá a estudios complementarios que incluyen levantamiento fotográfico y construcción de un modelo fotogramétrico tridimensional por parte del equipo multidisciplinario.

Sesión especial

# **DERRAMES DE PETRÓLEO EN MAR PROFUNDO: ENFRENTANDO EL FUTURO**

Organizadores:

Adolfo Gracia

Steven A. Murawski

Liesl Hotaling

Sherryl Gilbert

## SE10-1 PLÁTICA INVITADA

**UNDERSTANDING IMPACTS OF LARGE-SCALE OIL SPILLS IN THE GULF OF MEXICO AT THE WHOLE-ECOSYSTEM LEVEL: LESSONS FROM DEEPWATER HORIZON**

Murawski Steven<sup>1</sup>, Gracia Adolfo<sup>2</sup>, Pulster Erin L.<sup>3</sup>, Patterson III William<sup>4</sup>,  
Sutton Tracey<sup>5</sup>, Schwing Patrick<sup>6</sup>, Montagna Paul<sup>6</sup> y Gilbert Sherry<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of South Florida, USF, C-IMAGE

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>University of South Florida

<sup>4</sup>University of Florida

<sup>5</sup>NOVA Southeastern University

<sup>6</sup>Texas A&M University-Corpus Christi  
smurawski@usf.edu

Large-scale oil spills, including Ixtoc 1 and Deepwater Horizon (DWH), have emphasized the importance of understanding ecosystem impacts at varying spatial and temporal resolutions. In the case of Deepwater Horizon, both horizontal and vertical connectivity of ecological resources challenge traditional views of oil spill impacts as confined to specific vertical layers and nominal horizontal footprints. Impacts on ecological resources from DWH ranged from minor to catastrophic, and were dependent on exposure concentration and duration, as well as life history complexity of animals affected. In some cases no discernable impacts on populations were observed, while for others clear impacts were present and recovery has been slow to non-existent. Population and community-level responses are shaped by a complex interaction of species life history, degree of source-population connectivity vs. modularity, and a wide range of co-occurring anthropogenic and natural stressors. Interpreting cause and effect is complicated by the virtual dearth of pre-spill baseline contaminant data, which now exist for the region affected by DWH and at broad scales for the Gulf as a whole. This paper reviews evidence of population responses for a wide range of habitats and species occurring in the Gulf of Mexico and provides context for recommendations going forward on the adequacy of international environmental monitoring schemes.

## SE10-2

**ESCENARIOS DE DERRAME EN EL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO**

Pérez Brunius Paula, Sheinbaum Julio, Olascoaga María Josefina, Beron Javier, Mirón Philippe, Rodríguez Javier, García Paula, Kotzakoulakis Kostantinos, Lara Julio, Zavala Jorge, Estrada Allis Sheila Natali, Souza Joao, Maslo Aljaz y Jouanno Julien  
Departamento de Oceanografía Física, CICESE  
brunius@cicese.mx

Se presentan los escenarios de derrame en el golfo de México generados en los seis puntos de interés proporcionados por PEMEX, que son unos de los productos finales del proyecto de CIGoM. Estos escenarios se generaron a partir de tres modelos de derrames de petróleo, alimentados con las salidas de los modelos hidrodinámicos y productos de viento superficiales del consorcio. Las simulaciones de derrames de hidrocarburos se obtienen utilizando un modelo 3D de derrames de hidrocarburos que incluye los procesos de interemperización, así como modelos 2D más simples (partículas pasivas y cadenas de Markov) que incluyen el decaimiento de petróleo por evaporación. Se discuten las similitudes y diferencias entre los modelos de derrames, y las características principales de los escenarios generados.

## SE10-3

**SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PETRÓLEO EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Contreras Tereza Víctor Kevin<sup>1</sup>, Salas de León David Alberto<sup>2</sup>,  
Monreal Jiménez Rosalinda<sup>3</sup> y Monreal Gómez María Adela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, PCML, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, ICML, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, PCT, UNAM  
kvin\_ct@hotmail.com

Se realizó la modelación del derrame de petróleo del Deep Water Horizon del 22 de abril al 8 de mayo de 2010 en el norte del Golfo de México, utilizando el modelo MOHID. El modelo considera las condiciones hidrodinámicas, atmosféricas, el oleaje y la dispersión de petróleo. En la parte hidrodinámica se implementaron dos niveles anidados del dominio; en donde se utilizaron los forzamientos debidos a la marea, condiciones atmosféricas y oceánicas. Para el oleaje se calcularon las variables principales del oleaje forzadas por el viento para las fechas del derrame, y en la dispersión del petróleo se calcularon los transportes (trayectorias) y los principales procesos de interemperización debido a las condiciones oceánicas y atmosféricas calculadas para cada interacción. Las trayectorias de las partículas de petróleo modeladas se compararon con la localización de los polígonos de predicción a 24 horas de la NOAA que se generaron durante el derrame, la ubicación estimada de las trayectorias del modelo del derrame de petróleo muestran una alta concordancia con las de la realidad. En general, el modelo muestra un alto nivel de confianza en sus resultados y su capacidad para ser aplicado en el futuro para posibles pronósticos de derrames de petróleo en otras áreas del Golfo de México.

## SE10-4

**ADVANCEMENTS IN THE CAPABILITIES OF THE OPENDRIFT MODEL FOR THE PREDICTION OF THE FATE AND THE CIRCULATION OF OIL-SPILLS IN THE GULF OF MEXICO**

Kotzakoulakis Konstantinos, Estrada Allis Sheila Natali, Aljaz Maslo Aljaz y Sheinbaum Julio  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
konstantinos.kotzakoulakis@gmail.com

The past nine years, following the Deepwater Horizon oil-rig disaster, there has been increased research activity and numerous peer-reviewed articles on improved methodologies for predicting the fate and circulation of oil-spills in the marine environment. These improved techniques can only be utilized to produce the much needed data by the oil-spill response authorities if they are implemented in an integrated forecasting system capable of predicting the combined effect of the numerous environmental processes acting on an oil-spill. There are both commercial and community open-source forecasting systems with most of the former ones claiming to implement state-of-the-art parametrizations for the simulation of all the environmental processes acting on the oil-spills. Because there is limited literature about the algorithms employed by these commercial models, the majority of the scientific investigations are performed on open-source community models. Unfortunately due to the limited resources of the open-source models, the rate of implementation of the latest techniques tends to be slow and some times completely missing the implementation of certain environmental processes. During the past year and for the needs of the CIGoM project, we have worked on the enhancement of the capabilities of OpenDrift far-field model and coupled it with the also open-source TAMOC near-field model. Additionally, we have updated many of its algorithms or we have added missing ones including for the oil-spill spreading, evaporation, dissolution, biodegradation and the statistical processing of multiple simulations. As a result, our OpenDrift-TAMOC integrated system offers an almost complete suite of environmental processes, capable of performing advanced underwater and surface oil-spill simulations.

## SE10-5

**ACCUMULATION, MIXING AND OC EARLY DIAGENESIS DOWNCORE IN THE UPPER SLOPE OF THE SOUTHERN GULF OF MEXICO**

Díaz Asencio Misael<sup>1</sup>, Herguera Juan Carlos<sup>1</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup>, Vallejo Espinosa Gerardo<sup>1</sup>, Contreras Pacheco Yéssica<sup>1</sup>, Larson Rebekka<sup>3</sup> y Brooks Gregg R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>College of Marine Science, University of South Florida, US

<sup>3</sup>Eckerd College, St. Petersburg, Florida, US  
misaeldiazasencio1971@gmail.com

Here we present some preliminary evidence on the sedimentation of oil-associated particles on the slope of the southern Gulf of México. We evaluated sedimentation processes and organic carbon degradation in four sediment cores collected from the upper continental slope (217-523 m) in the southern Gulf of Mexico (sGoM). Sediment cores were split along their depth axes and scanned continuously with an XRF system. Total organic carbon (TOC) and short-lived radionuclides were determined for the upper few centimeters. Sediment accumulation rates (SARs) and bioturbation rates (BRs) were calculated using excess 210Pb and 234Th (210Pb<sub>ex</sub>, 234Th<sub>ex</sub>) profiles in each core. In the four cores, we observed 234Th<sub>ex</sub> in the first 0.5 cm and a monotonous decrease of 210Pb<sub>ex</sub> in the 2 cm section below. Higher SARs were consistently observed in the shallower sites. The OC fluxes at the sediment-water interface range between 5-7.5 g m<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>. In general, higher burial rates are controlled by higher sedimentation rates. In all cores, we observed a brown layer (between 1 and 2 cm), with a subsurface peak of Mn and a peak of Fe usually 10-15 cm downcore. However, core B8E22, located in the deeper area, shows a dark brown sediment layer extending down to 2 cm below the sediment-water interface, punctuated by a significant change in redox conditions, underscored by a Mn peak right on top of the dark brown carbon-rich layer and a peak of Fe 2 cm below. Moreover, on top of this layer, we observed a peak of 226Ra (measured by their daughters 214Pb and 214Bi), probably remobilized from the suboxic layer right below and reprecipitated close to the sediment water interface. We consider that this core-top is recording a high carbon sedimentation event, most probably associated with a local source of hydrocarbons from a nearby seep. The sedimentation of this hydrocarbon rich sediments may have temporarily annihilated the benthic fauna which would have inhibited bioturbation processes and allowed for the observed enrichment of carbon above the baseline levels in this region and altered the redox profile, moving it much closer to the sediment water interface. One of the implications of these findings is the spatial scale of the effects of hydrocarbon seeps on nearby sediments, tens of km in this case, and it's yet relatively unknown persistence through time.

SE10-6

### HIGH-RESOLUTION SEDIMENT STUDIES USING 234THXS: FOR DETECTING OIL SPILL IMPACTS AND DEVELOPING NEW BASELINES

Larson Rebekka<sup>1</sup>, Brooks Gregg R.<sup>1</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup>, Díaz Asencio Misael<sup>3</sup>, Diercks Arne<sup>4</sup>, Chanton Jeff<sup>5</sup>, Herguera Juan Carlos<sup>6</sup>, Armenteros Maickel<sup>7</sup> y Hollander David<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Eckerd College

<sup>2</sup>Eckerd College/USF

<sup>3</sup>Center for Scientific Research and Higher Education/Center for Environmental Studies of Cienfuegos

<sup>4</sup>University of Southern Mississippi

<sup>5</sup>Florida State University

<sup>6</sup>Center for Scientific Research and Higher Education

<sup>7</sup>Institute of Ocean Sciences and Limnology, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>8</sup>University of South Florida

larsonra@eckerd.edu

Natural and anthropogenic events, can produce detectable impacts to sedimentary systems that are generally defined by how and to what magnitude sedimentation is altered from pre-event/natural sedimentation patterns. For short-duration events such as oil spills, high-resolution approaches to investigate sedimentary impacts are required. For the Deepwater Horizon (DwH) oil spill, in the northeastern Gulf of Mexico (NEGoM) in 2010, high-resolution sampling of sediment cores (~2mm resolution) allowed for the detection of increased sedimentation rates, fluxes of oil and contaminants to the seafloor and post-depositional chemical and benthic ecosystem impacts. This required defining pre-event/baselines for sedimentation patterns by using downcore (pre-event) sedimentation patterns, as well as continued post-event sediment studies (annual core collection/time-series) using the same high-resolution sampling and analyses that were used to define the benthic impacts of the oil spill identified in sediment cores collected in 2010/2011. Increased short-term (months) sedimentation rates (4-10 times higher than baseline) and lack of bioturbation, as defined by excess Thorium-234 (234Thxs) geochronology, was one of the major impacts of the DwH oil spill. This increase was validated by the post-event time series (2012-2017) indicating lower short-term (months) sedimentation rates defined by 234Thxs geochronology and site specific return of bioturbation ~3 years following the spill. The continued measurements of 234Thxs, associated with multiple studies in the Gulf of Mexico (Cuba, southern and northern GoM), is beginning to construct Gulf-wide baselines for short-term sedimentation rates and mixing/bioturbation that can be used to define impacts of potential future events. These studies are also providing further understanding of the spatial and temporal variability of short time-scale sedimentary processes, including sedimentation and mixing/bioturbation, using 234Thxs, including the strengths, limitations, and integration with 210Pbxs sediment dating methods to better understand sedimentation and accumulation patterns/variability on multiple time-scales (months, years, and decades).

SE10-7

### PREDICTING OIL SPILL IMPACTS TO THE SEA FLOOR ON DIFFERENT TIME SCALES

Brooks Gregg R.<sup>1</sup>, Larson Rebekka<sup>1</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup>, Diercks Arne<sup>3</sup>, Romero Isabel<sup>4</sup>, Chanton Jeff<sup>5</sup>, Boseman Samantha<sup>6</sup> y Hollander David<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Eckerd College

<sup>2</sup>USF/Eckerd College

<sup>3</sup>University of Southern Mississippi

<sup>4</sup>University of South Florida

<sup>5</sup>Florida State University

<sup>6</sup>State University,

brooksg@eckerd.edu

The 2010 Deepwater Horizon (DwH) oil spill resulted in a pulse of sediment deposited on the Northeastern Gulf of Mexico (NEGoM) seafloor in <5 months. The depositional process, known as Marine Oil Snow Sediment Flocculant Accumulation (MOSSFA) has been well documented, and is responsible for: 1) depositing a 1-2 cm thick layer of sediment covering an area up to 35,000 km<sup>2</sup>, 2) shoaling of the redox front within the sediment column, 3) severely decreasing abundance and diversity of benthic faunae (foraminifera, meiofaunal, macrofauna), and 4) limiting bioturbation for up to 3 years following the spill. Sedimentologically (texture and composition, sedimentation rates, source(s), transport and depositional mechanisms), much of the system appears to have recovered 1-2 years following the DwH event. However, bioturbation started to return at some sites as early as 3 years following the event, but still (as of 2017) has not returned at other sites. The redox boundary, on the other hand, reached a new equilibrium within 3 years after shoaling from the initial impact of the sediment pulse. Benthic foraminifera abundance and diversity reached a steady state 3-5 years after the initial impact, but in some cases assemblages continue to remain significantly different than pre-event assemblages. Consequently, as of 2017 the response of the NEGoM sedimentary regime initially impacted by DwH can be described in three primary categories: 1) recovered to pre-event status within a few years, 2) has shown no recovery or change since initial impacts, or 3) has, or is in the process of, stabilizing or reaching a new equilibrium. It could be years to decades before this can be fully characterized. Southern Gulf of Mexico (SGoM) sediments have similar characteristics to DwH impacted sediments, ostensibly due to the 1979/80 IXTOC-I spill, which likely produced a similar seafloor response. Even after ~40 years the event is still detectable in the sedimentary record and

illustrates the system may still have not fully recovered. This also suggests that the DwH sedimentary response may not be unique, but may be more the norm for these types of events. Recent investigations show that there may be even longer-term impacts by the remobilization and transport of potentially-impacted sediments to down-slope depocenters by gravity flow processes. Sediments collected southeast of the DwH impacted area contain gravity flow deposits with sediments originating within the original DwH impacted zone, that have been transported >250 km to the SE. Investigations of DwH and IXTOC-I seafloor sediments recorded impacts ranging from monthly to decadal (or longer) time scales. Thus, it is imperative that all time scales must be considered when investigating potential seafloor impacts of future oil spills.

SE10-8

### TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LAS ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA PETROLERA EN REGIÓN

Ruiz Fernández Ana Carolina<sup>1</sup>, Gracia Adolfo<sup>1</sup>, Sanchez-Cabeza Joan Albert<sup>1</sup>, Rangel-García Martín<sup>2</sup>, Pérez-Bernal Libia Hascibe<sup>1</sup>, López Mendoza Perla Guadalupe<sup>3</sup>, Machain-Castillo María Luisa<sup>4</sup>, Schwing Patrick<sup>5</sup>, Hollander David<sup>6</sup>, Páez-Osuna Federico<sup>1</sup>, Cardoso-Mohedano José Gilberto<sup>1</sup> y Cuellar-Martinez Tomasa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado de Ciencias Químicas

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

<sup>4</sup>University of South Florida, College of Marine Science

caro@ola.icmyl.unam.mx

La reconstrucción histórica de las tendencias de la contaminación mediante el uso de núcleos sedimentarios fechados con 210Pb es una estrategia muy útil en los estudios ambientales, especialmente relevante para resolver la carencia de una línea de base pre-anthropogénica, así como de registros de largo plazo, que permiten evaluar de manera confiable tanto los impactos del desarrollo industrial como la efectividad de las medidas de manejo implementadas para la protección del ambiente marino-costero. Se presentan los resultados derivados del análisis de núcleos sedimentarios recolectados en el sur del Golfo de México, incluyendo los niveles pre-industriales y las tendencias temporales de enriquecimiento de nueve elementos potencialmente tóxicos (As, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V y Zn), realizado con el propósito de evaluar el impacto al medio ambiente, y potencialmente a la salud pública, provocado por la industria petrolera en alta mar y los derrames de petróleo como el del pozo Ixtoc-1 en 1979. La composición elemental fue bastante homogénea entre los núcleos; y las concentraciones pre-industriales de Ba, Cr, Cu y Ni son naturalmente altas en la región, hasta alcanzar niveles de potencial preocupación en términos ecológicos. Debido a la multiplicidad y simultaneidad de los procesos que ocurren en la zona de estudio (por ejemplo, actividades industriales, descargas fluviales, emanaciones naturales de petróleo) es difícil distinguir la procedencia de los elementos estudiados y, aunque algunos núcleos sugirieron la preservación de posibles huellas de derrames de petróleo, no fue posible atribuir su origen. Las proporciones de Ni/V (como índice de contaminación por petróleo) y de elementos redox-sensibles normalizados con Al (Mn/Al, Fe/Al y Mo/Al, para la identificación de frentes redox) sugirieron que estos posibles derrames ocurrieron a lo largo de casi cuatro décadas, y que las huellas atribuibles al derrame del Ixtoc-1 fueron comparables a las condiciones pre-industriales, muy probablemente debido a la presencia de emanaciones naturales de petróleo natural activas en la zona. En la mayoría de los casos se observó una tendencia hacia una disminución en el suministro de los elementos estudiados, lo cual podría estar asociado con los controles ambientales establecidos en la región a partir de la década de 1980. En el caso particular del mercurio, no se encontró evidencia de contaminación relacionada con la industria petrolera, sino más bien por fuentes continentales, como suelos erosionados y escurrimientos de aguas residuales. Los resultados destacan la importancia de las medidas de gestión ambiental para las actividades de la industria petrolera, así como para controlar la erosión de las cuencas hidrográficas y las descargas de aguas residuales no tratadas para reducir las cargas de elementos potencialmente tóxicos en la zona costera.

SE10-9 PLÁSTICA INVITADA

### REGISTROS DE DERRAMES EN LOS SEDIMENTOS ASOCIADOS A FUGAS DE HIDROCARBUROS EN CHAPOPOTERAS DEL TALUD DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Herguera Juan Carlos, Vallejo Espinosa Gerardo, Díaz Asencio Misael y Contreras Pacheco Yéssica  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
herguera@cicese.mx

En toda la zona sur del Golfo de México se encuentran fugas naturales de hidrocarburos, que pueden ser desde chapopoteras hasta fuga de metano y gases asociados. Estas fugas permanentes y/o esporádicas impactan significativamente las condiciones biogeoquímicas y ecológicas en los alrededores de estas localidades en un radio que depende de su persistencia e intensidad. Los efectos de estos procesos pueden quedar preservados en los sedimentos como capas enriquecidas en carbono orgánico e hidrocarburos. Utilizamos un Scan de fluorescencia de rayos X para obtener imágenes de alta resolución y perfiles de elementos redox sensibles

(Fe, Mn) y mayoritarios (Ca, Si) en 20 núcleos de sedimentos recolectados en el límite superior (entre 150 y 500) del talud continental de Coatzacoalcos. En 10 de los 20 núcleos recolectados se observaron bandas oscuras entre 1 y 2 cm, en algunos núcleos se observaron bandas similares en zonas más profundas. En todos los casos, estas bandas más oscuras presentaron valores relativamente enriquecidos de carbono orgánico y posiblemente hidrocarburos y están asociados con picos relativos de la relación Mn/Si ó Fe/Si, ambos metales sensibles a las condiciones redox en los sedimentos. Se discutirán las implicaciones de estos resultados en términos de sedimentaciones masivas de hidrocarburos por la columna de agua debido a procesos de floculación con el plancton y materiales terrígenos que le restan flotabilidad a los filamentos de hidrocarburos en superficie y facilitan su transporte por la columna de agua hasta los sedimentos. Los efectos de estas sedimentaciones masivas en los alrededores de chapopoterias activas pueden simular las condiciones análogas a las de grandes derrames de hidrocarburos y resultan de gran interés para entender la posible extinción local del bentos durante estos eventos y los tiempos y modos de recuperación posterior.

SE10-10

### DEVELOPING A BASELINE OF MEIOFAUNA (ESPECIALLY FREE LIVING NEMATODES) FOR THE CUBAN PART OF THE GULF OF MEXICO

Armenteros Maickel<sup>1</sup>, Hernández-Abreu Claudia<sup>2</sup>, Marzo-Pérez Diana<sup>2</sup>, Pérez-García José Andrés<sup>2</sup>, Schwing Patrick<sup>3</sup>, Díaz Asencio Misael<sup>4</sup>, Larson Rebekka<sup>5</sup>, Brooks Gregg R.<sup>5</sup>, Gracia Adolfo<sup>1</sup> y Murawski Steven<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, ICMYL

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana

<sup>3</sup>University of South Florida

<sup>4</sup>Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

<sup>5</sup>Eckerd College

maickel.armenteros@gmail.com

The northwestern Cuban continental margin is one of the least threatened regions of the Gulf of Mexico due to the incipient development of the deep-water oil exploitation and the intense hydrodynamic regime that promotes transport instead of accumulation of potential pollutants in sediments. Nonetheless, baseline data is needed to assess potential impacts and recovery in case of a potential future oil spill. Marine meiofauna (i.e. invertebrates < 1 mm size) constitute a powerful tool for environmental assessment due to their ubiquity and sensitivity to a variety of impacts. Free-living nematodes are the most abundant meiofaunal taxon (usually > 90% of total abundance) and provide a solid baseline to analyze structural and functional changes of communities. We used species richness, compositional change (i.e. #-diversity), trophic-group relative abundance, and maturity index (MI) as nematode assemblage metrics to set a baseline in two shelf (~ 10 m) and nine margin (~ 1500 m) sites. The shelf sites were seagrass beds containing 92 nematode species of 69 genera, 24 families, and seven orders. The #-diversity was high (Bray-Curtis (B-C) dissimilarity index = 78%) while the trophic structure was dominated by epigrowth feeders (58%), followed by predators/omnivores (21%) and deposit feeders (21%). The mean MI in shelf sites was 2.80. The margin sites had 115 species of 99 genera, 33 families, and seven orders. Nematode abundance was particularly reduced in margin sites likely due to oligotrophic conditions in sediments and intense hydrodynamic regime. The #-diversity was also high with (B-C index = 77%) and trophic structure was dominated by deposit feeders (52%), followed by epigrowth feeders (37%) and predators/omnivores (11%). The mean MI in margin sites was 2.85. A potential disturbance by an oil spill, in both shelf and margin, would cause significant reduction of the species richness, especially the removal of rare species. The #-diversity could reduce as well because only tolerant species to high sedimentation regime and pollutants would survive. Trophic structure would change in response of an oil spill with a relative increase of deposit feeders and depletion of both predators/omnivores and epigrowth feeders. MI could decrease (likely in at least 0.5 units) since nematode species with long life cycles, few offspring, low colonization ability, and sensitivity to disturbance would reduce their relative importance; and species with short life cycles, high reproduction rates, high colonization ability, and tolerance to disturbance would increase in numbers.

SE10-11

### EL MICROBENTOS (FORAMINÍFEROS) DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO A 40 AÑOS DEL DERRAME PETROLERO DEL IXTOC

Machain-Castillo María Luisa<sup>1</sup>, Gracoa Adolfo<sup>1</sup>, Ruiz-Fernández Ana Carolina<sup>1</sup>, Sanchez-Cabeza Joan ALbert<sup>1</sup>, Rodríguez-Ramírez Alejandro<sup>1</sup>, Alexander-Valdés Héctor M.<sup>1</sup>, Pérez-Bernal Libia Hascibe<sup>1</sup>, Nava-Fernández Xinantecatl Antonio<sup>1</sup>, Almaraz-Ruiz Laura<sup>1</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup> y Hollander David<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Universidad de Florida del Sur  
mlmachain@gmail.com

Los sedimentos del fondo marino de la Sonda de Campeche preservan la evidencia del derrame de hidrocarburos del IXTOC- 1. A 50 años del derrame, ¿se ha recuperado la microfauna bentónica de foraminíferos? Los foraminíferos bentónicos han sido ampliamente utilizados como indicadores de salud ambiental en diferentes sitios, incluyendo aquellos impactados por derrames de hidrocarburos. ¿Cómo

se adaptan esas investigaciones al sur del Golfo de México? ¿Qué parámetros de su morfología, composición taxonómica y estructura poblacional son los más útiles para su estudio? En el presente trabajo se presenta la información de 15 núcleos de sedimentos recolectados en la Sonda de Campeche que datan (210Pb) de los últimos 150 años o más. Los registros de foraminíferos bentónicos, y la sedimentología, en general, muestran un complejo patrón de respuestas del grupo (morfológicas y poblacionales) a diversos eventos naturales (p. ej. derrames naturales, erupciones volcánicas) y de origen antrópico (derrame del IXTOC-1). El estudio de la abundancia y la diversidad de los FB por sí sólo, no permite separar el tipo de estresores que causaron las respuestas encontradas; se requiere de estudios más completos involucrando el conjunto de especies y sus características ecológicas, así como el estudio integral de los sedimentos, para conocer no sólo el estado actual, sino el pasado (condiciones pre industriales) de la zona y contar con elementos sólidos de juicio para prever el alcance de eventos futuros.

SE10-12

### DEVELOPING THE TOOLS AND BEST PRACTICES TO QUANTITATIVELY MEASURE BENTHIC OIL SPILL IMPACT AND RECOVERY: LESSONS LEARNED FROM THE DEEPWATER HORIZON AND IXTOC 1 OIL SPILLS

Schwing Patrick<sup>1</sup>, O'Malley Bryan<sup>2</sup>, Brooks Gregg R.<sup>1</sup>, Larson Rebekka<sup>3</sup>, Rohal Melissa<sup>3</sup>, Romero Isabel<sup>2</sup>, Overholt Wilf<sup>2</sup>, Machain-Castillo María Luisa<sup>4</sup>, Escobar Briones Elva<sup>5</sup>, Armenteros Maickel<sup>6</sup>, Díaz Asencio Misael<sup>6</sup>, Martínez Suarez Adrian<sup>7</sup> y Hollander David<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Eckerd College

<sup>2</sup>University of South Florida

<sup>3</sup>Texas A&M, Corpus Christi

<sup>4</sup>Friedrich Schiller University, Jena

<sup>5</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>6</sup>CICESE

<sup>7</sup>Universidad de La Habana

schwintp@eckerd.edu

As Deepwater and ultra-deepwater petroleum production expands due to global energy demand, it is imperative that baseline and long-term environmental research programs are established prior to exploration to provide quantitative measures of impact and recovery in the event of an oil spill. Examination of the impacts from the Deepwater Horizon (2010) and Ixtoc 1 (1979-80) oil spills has provided valuable insights to help prepare for future perturbations. Both spills significantly impacted the benthos of the Gulf of Mexico (GoM) at different spatial scales with all size hierarchies of the community affected (microbes, foraminifera, meiofaunal, macrofauna, megafauna, corals and benthic fishes). The response and resilience of these various communities were heterogeneous, and it is estimated that it may take upwards of a century for some to fully recover. Benthic fauna perform essential roles in carbon degradation and storage, supporting the benthic dependent trophic hierarchy, sediment detoxification, and are commonly used as indicators of anthropogenic and natural environmental change. Following DWH and Ixtoc 1, the lack of pre-spill baseline and long-term environmental measurements made it difficult to extricate the impacts of benthic hydrocarbon deposition (or lack thereof) from other stressors (e.g. oil/gas infrastructure, nutrient loading, heavy metals). To overcome this knowledge gap, benthic environmental baselines using an international standard of measurements should be established in order to assess environmental impacts over a variety of scales prior to resource exploration and during extraction. An effort to provide unified baseline measurements spanning the entire GoM (US, Mexico, Cuba) is underway and will provide the means to quantitatively determine impact and resilience following future oil spills. Through these analyses of benthic baselines, we are gaining a fundamental understanding of benthic community patterns and functional linkages, both spatially and between trophic levels. These basin-wide baseline measurements provide an essential benchmark on which to develop monitoring programs and marine biotic indices that can establish longer-term trends in both natural and anthropogenic stressors and their controls considering the spatial heterogeneity of the GoM. There is an overall need for a system-level benthic management decision support tool based on long-term ecological quality status (EQS) monitoring. A potential solution is the implementation of the internationally recognized f-AMBI marine biotic index, which allows for easily interpretable and cost-effective benthic habitat suitability assessments with implications for resource management and damage assessment. This presentation will provide a summary of pre- and post-spill trends in various benthic communities, identify data/analyses gaps, propose a conceptual model for benthic response to oil spills, evaluate the resilience of various benthic communities, and make recommendations for long-term research programs including research initiatives to be carried out during the Decade of Ocean Sciences for Sustainable Development (2021-2030).

SE10-13

## EL LEGADO QUÍMICO DE LOS DERRAMES DE PETRÓLEO EN EL GOLFO DE MÉXICO: LECCIONES APRENDIDAS DE LOS ANÁLISIS DE MUESTRAS BIOLÓGICAS Y DE SEDIMENTOS

Romero Isabel<sup>1</sup>, Sutton Tracey<sup>2</sup>, Diercks Arne<sup>3</sup>, Patterson III William<sup>4</sup>, Hollander David<sup>1</sup>, Chanton Jeff<sup>5</sup>, Brooks Gregg R.<sup>6</sup>, Larson Rebekka<sup>2</sup> y Murawski Steven<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of South Florida, USF

<sup>2</sup>Nova Southeastern University

<sup>3</sup>University of Mississippi

<sup>4</sup>University of Florida

<sup>5</sup>Florida State University

<sup>6</sup>Eckerd College

isabelromero@mail.usf.edu

Los dos mayores derrames accidentales de petróleo en la historia ocurrieron debajo de la superficie del océano en el Golfo de México (GoM). El derrame de petróleo de Deepwater Horizon (DWHOS) en el norte de GoM ocurrió en 2010, 31 años después del derrame de petróleo Ixtoc-1 (IOS) en el sur de GoM. Múltiples estudios han demostrado que los hábitats pelágicos y bentónicos de los entornos costeros a marinos se vieron afectados por ambos derrames. En el norte de GoM, se observó la exposición a compuestos derivados del petróleo en comunidades de peces de profundidad y costeros, mientras que se observó una extensa deposición de residuos de petróleo en el fondo marino (~ 110000 km<sup>2</sup>). Inesperadamente, los análisis de series temporales de hidrocarburos derivados del petróleo mostraron que los residuos de petróleo del DWH permanecen en el medio marino 3-8 años después del DWHOS. Para comprender mejor la exposición a largo plazo y la preservación en el medio ambiente de los residuos de petróleo de derrames de profundidad, analizamos muestras de sedimentos recolectadas en 2015-2016 en el sur de GoM, donde estudios previos indicaron que se depositaron residuos del IOS. Nuestros análisis químicos mostraron petróleo enterrado y degradado del IOS en entornos costeros y de mar abierto después de más de 3 décadas del derrame. Se observaron concentraciones más altas de hidrocarburos derivados del petróleo en los manglares en relación con los sedimentos de mar abierto, pero en todos los entornos, los compuestos tóxicos como los HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos) fueron bajos. Esto es similar a los patrones químicos observados en el norte de GoM, lo que indica el comienzo de un período de recuperación de aproximadamente cuatro años después del derrame. Sin embargo, la aplicación de un nuevo método analítico dirigido a los productos oxidados de HAP (con mutagenicidad / toxicidad más pronunciada que sus precursores) indica que los derivados de HAPs tienen las mayores concentraciones. Estos resultados demuestran la preservación a largo plazo de productos químicos orgánicos, incluyendo compuestos tóxicos, enterrados en sedimentos (durante 3,5 décadas). Los resultados preliminares del norte de GoM indican que también están presentes los productos degradados de petróleo y que están distribuidos en relación con la topografía del fondo marino y los procesos físicos (por ejemplo, resuspensión). En conjunto, estos estudios en el golfo demuestran que es crucial incluir productos degradados en asociación con procesos físicos en estudios a largo plazo del fondo marino. Una mejor comprensión de la persistencia de los residuos de petróleo en el medio marino es fundamental para explicar la disminución de múltiple grupos taxonómicos en el GoM, años después del DWHOS y el IOS.

SE10-14

## OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN EN CHAPOTERAS Y SUS PROCESOS BIOGEOQUÍMICOS EN SITIOS LOCALIZADOS POR ECOSONDAS EN LA PROVINCIA DE PERDIDO, GOLFO DE MÉXICO

Mortera Gutiérrez Carlos Angel<sup>1</sup>, Bandy William<sup>1</sup>, Millán Motolinía María del Carmen<sup>2</sup>, Ramon Marquez Victor Manuel<sup>2</sup>, Aguilar Anaya Diego Armando<sup>3</sup>, Ponce Núñez Francisco<sup>4</sup> y Pérez Calderón Daniel Armando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra

<sup>4</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
cmortera@geofisica.unam.mx

En los últimos 4 años, una gran parte del sector mexicano del lecho marino de la cuenca del Golfo de México ha sido explorado por 6 instituciones nacionales (CICESE, CINVESTAV, CIDESIS, INEC, UABC, UNAM) con la comanda de integrar una base de datos de oceanográfico que incluyese muestreos geológicos, biológicos, químicos y registros de fenómenos físicos (corrientes y oleaje) como factores del estado dinámico del medio acuático y su ecología. Esta encomienda es integrada en un proyecto de CONACYT, #201441, del Fondo de Hidrocarburos en SENER. Este proyecto ha realizado mediciones físicas, químicas y biológicas para establecer una línea de base del estado actual del ecosistema del Golfo de México y que pudiese ser utilizadas en el modelado de los escenarios de posibles contingencias en derrames de hidrocarburos inducidos por las actividades de la industria de hidrocarburos. Dentro de las líneas de acción, una es de establecer una red de observatorios oceanográficos (boyas, anclajes con sensores, planeadores submarinos, radares y un levantamiento hidroacústico del relieve marino) en las provincias de aguas profundas del Golfo de México. El Instituto de Geofísica de la

UNAM participó en el registro de múltiples mediciones hidroacústicas en Perdido, por primera vez se obtuvo un conocimiento detallado de las profundidades y litología del lecho marino, estructura del subsuelo y localización varios sitios de chapopoterías. Estas mediciones fueron registradas en el BO Justo Sierra de UNAM, entre 2015 y 2016, en la que se actualizaron los sistemas hidroacústicos de la ecosonda multihaz (EM300 a EM302) y el perfilador de penetración (TOPAS PS18), cubriendo 20628 km<sup>2</sup> que registraron valores de profundidad en 5 bloques para sus MDT con resolución de 20x20m, imágenes de retrodispersión acústica de la litología superficial, 4382 km de secciones sísmicas del subsuelo que atravesaron sistemáticamente los bloques para observar la geometría de la estratificación somera y el descubrimiento de casi 40 sitios donde se observan acústicamente plumas de fluidos ascendentes en la columna de agua, que pudiese ser compuestos de hidrocarburos y supuestamente provenir de chapopoterías. ¿Cómo podemos estudiar los procesos biogeoquímicos asociados a estas plumas? El uso de un ROV sería una alternativa de tecnología avanzada para este tipo de estudios, sin embargo se requiere que el buque que opere con posicionamiento dinámico (PD). El BO Justo Sierra no tiene PD. ¿Cómo podríamos visitar estos sitios con un buque sin PD? Otro alternativa sería el usar una góndola con múltiples sensores, cámaras y lámparas, que estuviera operada con cables de comunicación hasta el buque y manejada con un winch de respuesta dinámica. En el mercado de tecnología avanzada para la exploración del lecho marino existe un robot submarino modular (góndola) HyBis desarrollado por National Oceanography Centre en Southampton, que al tener dos propelas controladas remotamente en sus extremos le da varios grados de libertad para alejarse de su vertical y de esta manera precisar las observaciones y la recuperación de muestras en sitios previamente identificados con las cámaras. Esta alternativa es de menor costo que la de adquirir y operar un ROV.

SE10-15

## EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ECOLÓGICA DE LOS HOT SPOTS DE PECES PELÁGICOS MAYORES DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO ANTE DOS ESCENARIOS DE DERRAMES DE PETRÓLEO

Romo Curiel Alfonsina Eugenia<sup>1</sup>, Sosa Nishizaki Oscar<sup>1</sup>, Ramírez Mendoza Zurisaday<sup>1</sup>, Fajardo Yamamoto Arturo<sup>1</sup>, García Aguilar María Concepción<sup>1</sup>, Ramírez León Mario Rafael<sup>1</sup>, Saldaña Ruiz Luz Erandi<sup>1</sup>, Pérez Brunius Paula<sup>2</sup>, Rodríguez Javier<sup>2</sup>, Olascoaga María Josefina<sup>3</sup>, Jouanno Julien<sup>1</sup> y Sheinbaum Julio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Oceanografía Biológica, CICESE

<sup>2</sup>Oceanografía Física, CICESE

<sup>3</sup>Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami

<sup>4</sup>Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales  
kenacuriel@gmail.com

La vulnerabilidad ecológica (VE) de las especies es una medición de su susceptibilidad a ser afectadas por la exposición a una amenaza. La VE se evalúa determinando el potencial del impacto por la amenaza (por ejemplo un derrame de petróleo) y la capacidad de recuperación de las especie analizadas, considerando sus historias de vida y algunos aspectos ecológicos. Dentro del Golfo de México (GM), la explotación petrolera es una de las principales actividades que se realizan tanto en la zona económica exclusiva (ZEE) de los Estados Unidos como en la de México. Asimismo, en el GM habitan varias especies de pelágicos mayores, incluyendo peces óseos y elasmobranquios, que se caracterizan por habitar en la columna de agua del ambiente oceánico pelágico. Dada la importancia económica y ecológica de este grupo de peces, y a la alta probabilidad de que ocurra un derrame petrolero dentro del GM, el principal objetivo de este trabajo es evaluar la VE de los peces pelágicos mayores dentro de la ZEE de México, bajo dos escenarios de derrame. Para ello, primero se seleccionaron 10 especies de peces óseos y 14 especies de elasmobranquios, y la vulnerabilidad de cada una de las especies se evaluó utilizando el modelo de Reich et al. (2014). Para considerar la distribución espacial de las especies se construyeron mapas de idoneidad ambiental a través de modelos de nicho ecológico, conjuntando información de presencia de las especies y variables ambientales, utilizando la plataforma MaxEnt. Posteriormente se determinaron las áreas potenciales de agregación del mayor número de especies, que definimos como hot spots, siendo estos áreas relativamente pequeñas del ambiente marino con condiciones idóneas para la presencia de agregaciones persistentes en el tiempo. Se consideraran dos escenarios de derrame cuyas características serán descritas durante la presentación, ya que su construcción está en progreso. Esta aproximación nos permitirá poder evaluar el impacto de los dos posibles escenarios de derrame sobre la distribución de los hotspots de los peces pelágicos a lo largo del GM, creando así una línea base para futuras acciones de mitigación.

SE10-16

## AMBIVALENCIAS DE UN DERRAME DE PETRÓLEO CRUDO SOBRE LA COMUNIDAD PLANTÓNICA

Putzeys Sebastien<sup>1</sup>, Juarez-Fonseca Miryam<sup>1</sup>, Valencia-Agami Sonia<sup>1</sup>, Ochoa-Rosado Román<sup>2</sup>, Ceja Víctor<sup>2</sup>, Cetina Luis<sup>1</sup>, Morales-Ojeda Sara<sup>1</sup>, Aguilar-Trujillo Ana<sup>1</sup>, Cruz-Trejo Giuliana I.<sup>1</sup>, Medina Gómez Israel<sup>1</sup>, González Oswaldo<sup>3</sup>, Canul Puc Rosa<sup>4</sup>, Martínez José Andrés<sup>2</sup>, Gamboa Abril<sup>1</sup>, Raygosa Rubén<sup>1</sup>, Okolodkov Yuri<sup>2</sup>, Árcega Cabrera Flor<sup>4</sup>, Aguirre Macedo Leopoldina<sup>1</sup>, Pech Daniel<sup>2</sup> y Herrera Silveira Jorge Alfredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de investigación y de estudios avanzados del IPN, CINVESTAV

<sup>2</sup>Laboratorio de Biodiversidad Marina y Cambio Climático, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche

<sup>3</sup>Laboratorio de Botánica Marina y Planctología - Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías - Universidad Veracruzana

<sup>4</sup>Facultad de Química de la Universidad Autónoma de México (UNAM), Unidad de Química en Sisal sputzeys@gmail.com

Los efectos directos del petróleo crudo ligero sobre la comunidad planctónica marina fueron estudiados empleando un experimento de mesocosmos. El diseño experimental consistió en doce unidades experimentales (9 tratamientos y 3 controles) de 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad cada una de ellas llenadas con agua de mar. Los tratamientos consistieron en tres concentraciones diferentes de petróleo crudo ligero por triplicado (10, 40 y 80 ppm respectivamente). Durante 10 días se monitoreó el contenido en clorofila a, la riqueza fitoplanctónica, la abundancia bacteriana cultivable, las concentraciones de hidrocarburos, así como parámetros fisicoquímicos. Al inicio del experimento y sin fertilización inicial, se produjo un florecimiento fitoplanctónico en las doce unidades del sistema. A pesar de la contaminación con petróleo crudo, las unidades contaminadas mostraron concentraciones significativamente mayores de clorofila a (entre 3.6±0.59 y 5.24±0.33 mg·L<sup>-1</sup>) comparado con los controles (2.76±0.36 mg·L<sup>-1</sup>). La relación entre bacterias heterótrofas e hidrocarbonoclastas mostró un incremento en la abundancia relativa de bacterias hidrocarbonoclastas cuatro días después de añadir el petróleo. Los análisis de rm-ANCOVA mostraron que la presencia de petróleo crudo ligero tiene un efecto significativo (p<0.05) sobre parámetros fisicoquímicos como la irradiancia, temperatura y salinidad. De la misma manera, estos mismos análisis indicaron que la composición taxonómica y estructura de tamaño de la comunidad fitoplanctónica se ve alterada significativamente en los tanques contaminados versus los controles. A pesar de la baja concentración de petróleo crudo ligero empleada, produjeron una respuesta significativa en las comunidades fitoplanctónicas y bacterianas, positiva en algunos aspectos, pero negativa en otros. Agradecimientos: Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Hidrocarburos, proyecto 201441. Esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

SE10-17

## EXPOSICIÓN EXPERIMENTAL DEL CAMARÓN PENAUEUS VANNAMEI CULTIVADO A PETRÓLEO CRUDO Y DISPERSANTE NOKOMIS 3-F4

Espinosa Gómez David Rodrigo, Puch Hau Carlos Alberto, Quintanilla Mena Mercedes y Vidal Martínez Víctor Manuel  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Mérida, CINVESTAV-IPN gamersylar@hotmail.com

En 2010, la explosión de la plataforma Deepwater Horizon (DWH) ocasionó un derrame de millones de litros de petróleo crudo en el Golfo de México (GoM). British Petroleum empleó dispersantes de hidrocarburos como el Corexit 9500 para disgregar lo más posible este petróleo. Desafortunadamente, existe información limitada sobre el efecto del petróleo, los dispersantes o su mezcla sobre organismos bentónicos como los camarones habitan tanto en la plataforma continental como en profundidades mayores de 500 m en el GoM. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del petróleo crudo ligero mexicano (35° API), el dispersante Nokomis 3-F4 y la mezcla de petróleo y dispersante en camarones *Penaeus vannamei* cultivados y revertidos a machos. Los efectos biológicos (mortalidad, disrupción endocrina y carga de ecosimbiontes) se determinaron mediante bioensayos estáticos de 96 horas con petróleo crudo, el dispersante y su mezcla en cuatro concentraciones c/u y con 45 organismos por tratamiento. La literatura menciona la presencia del disruptor endocrino Nonilfenol, en Nokomis 3-F4, por lo que se determinó su presencia y concentración por resonancia magnética nuclear (RMN). Se utilizó el método de Kaplan-Meier para determinar la sobrevivencia de los camarones. La disrupción endocrina fue evaluada a través de la expresión del gen de la vitelogenina en hepatopáncreas por reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en tiempo real. Los ecosimbiontes se contabilizaron en fresco en el exoesqueleto de los camarones con microscopio compuesto. La sobrevivencia de los camarones con la mayor concentración de petróleo (40 µL/L) dispersante (200 µL/L) y con la mezcla (40 µL/L de petróleo y 84 µL/L de dispersante) fue nula a las 32, 28 y 34 horas post exposición (hpe). En la siguiente menor concentración de petróleo (20 µL/L), dispersante (84 µL/L) y mezcla (20 µL/L y 84 µL/L) la sobrevivencia a las 96 hpe fue del 66%, 33% y 66% respectivamente. En la menor concentración de petróleo (5 µL/L), dispersante (21 µL/L) y mezcla (5 µL/L y 26 µL/L), todos los camarones sobrevivieron hasta las 96 hpe. Los resultados de la RMN revelaron la presencia de Nonilfenol al 5% en el dispersante. Los niveles de expresión génica de la vitelogenina (= disrupción endocrina) en los camarones expuestos a petróleo, dispersante y la mezcla fueron significativamente mayores que los del grupo control. Se contabilizaron 1067 ecosimbiontes únicamente en

los controles, ya que hubo 100% de mortalidad de estos organismos en todas las concentraciones de petróleo, dispersante y mezcla. Por tanto, nuestros resultados mostraron que la mayor concentración de petróleo, dispersante y mezcla causaron mortalidades del 100% en los camarones, mientras que los ecosimbiontes murieron en todos los tratamientos y concentraciones. Cabe señalar que la más alta de las concentraciones utilizadas no es ni el 1% de lo reportado en derrames petroleros (~8 g/L) cercano al derrame. Esta susceptibilidad es probablemente extensible a otras especies de camarones tanto de la plataforma continental como de mar profundo del GoM.

SE10-18

## EVALUACIÓN SEMI-CUANTITATIVA DE LA VULNERABILIDAD DE LOS CETÁCEOS ANTE DERRAMES DE PETRÓLEO EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL SUROCCIDENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO

García Aguilar María Concepción, Romo Curiel Alfonsina Eugenia y Sosa Nishizaki Oscar  
Oceanografía Biológica, CICESE  
gaguilar@cicese.mx

La exploración, extracción y transporte de los hidrocarburos constantemente pone en riesgo la biodiversidad marina, desde efectos a pequeña escala como la degradación local del hábitat y disturbio por ruido, hasta impactos severos por derrames de petróleo que afecta extensas áreas del ambiente marino. Los cetáceos, carismáticos predadores tope, son altamente vulnerables a estos derrames debido a su bajo potencial de recuperación resultado de sus bajas tasas de crecimiento, una madurez tardía, y por ser longevas con un tiempo generacional largo. La toxicidad aguda del petróleo crudo y refinado sobre estas especies se correlaciona directamente con las concentraciones de hidrocarburos aromáticos ligeros. Sin embargo, aún se desconocen los efectos potenciales, tanto a nivel individual como poblacional, de los derrames en cetáceos en la región de estudio. En el Golfo de México (GM) la extracción de hidrocarburos en alta mar se ha llevado a cabo principalmente en la plataforma continental (<200 m de profundidad) que es muy extensa (alrededor del 30% del área total); actualmente hay más de 4.500 plataformas de petróleo y gas, y dada esta intensa actividad petrolera los incidentes no son inusuales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo semi-cuantitativo para evaluar, de manera práctica, la vulnerabilidad de las poblaciones de cetáceos ante un derrame de petróleo, centrándonos principalmente en las especies que utilizan la plataforma continental del suroeste del GM. Para ello, se desarrolló un marco cualitativo para evaluar: (1) los posibles efectos a la exposición por petróleo considerando los rasgos biológicos y ecológicos de las especies, y (2) los efectos a nivel poblacional con base en información poblacional local y los parámetros de la historia de vida de cada especie. El análisis semi-cuantitativo incluyó el cálculo de la puntuación de vulnerabilidad, y la incertidumbre asociada a los datos calculada a partir del índice de calidad propuesto por Patrick et al. (2010). Como resultados se obtuvo que en el área de estudio hay registros de ocho especies de odontocetos. Los puntajes de vulnerabilidad indicaron que las poblaciones del delfín moteado del Atlántico y del delfín moteado Pantropical son altamente vulnerables a un derrame de petróleo, mientras que para las especies restantes el riesgo es moderado. En contraste, los hábitos oceánicos del Cachalote y su tendencia a congregarse en pequeños grupos, parecen ser los rasgos más importantes para posicionarlo cerca del umbral entre riesgo moderado y bajo. Este modelo semi-cuantitativo integra el estado del conocimiento de las poblaciones locales, y puede llegar a ser una herramienta efectiva para proporcionar una guía sobre prioridades de investigación, para crear la información faltante detectada, y para introducir acciones de recuperación adecuadas.

SE10-19

## DEGRADACIÓN EN SEDIMENTO MARINO DE LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL PETRÓLEO MEDIANTE MODELOS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (MSR)

García Bautista Itza Sugey<sup>1</sup>, García Maldonado José Q.<sup>2</sup>,  
García Cruz Norberto Ulises<sup>3</sup> y Aguirre Macedo Leopoldina<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación y de estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV  
<sup>2</sup>CONACYT - Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional  
<sup>3</sup>Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional  
itzamcc@gmail.com

La contaminación por hidrocarburos en sedimentos marinos (ya sea del lecho marino o de la zona intermareal) se puede dar por causas naturales debido a la presencia de chapopoterías (emanaciones en el ambiente) o por cuestiones antropogénicas, como es el caso de los derrames en alta mar (Deepwater horizon por ejemplo). Por otra parte, el petróleo es una mezcla compleja de diferentes grupos de compuesto, el cual está conformado principalmente por: alifáticos, aromáticos, asfáltenos y resinas. Esto hace que presente propiedades fisicoquímicas muy particulares que al entrar en contacto con el sedimento este quede atrapado en los gránulos dificultando su biorremediación. Durante el saneamiento de sedimentos marinos contaminados por petróleo se utilizan diferentes estrategias, en donde se utilizan desde la adición de nutrientes (nitrógeno), dispersantes, así como de biomasa (bacterias), al sitio contaminado para su remediación. Sin embargo, se ha visto que otro factor que influye en la degradación de hidrocarburos, es la misma concentración del petróleo

en el sedimento. Para evaluar el efecto de las variables antes mencionadas en la degradación de los diferentes grupos de hidrocarburos, se aplicó un modelo de superficie de respuesta utilizando un diseño experimental Box-Behnken de 3 niveles-4 factores. De los resultados obtenidos se observó que la mayor eficiencia se alcanzó en los compuestos aromáticos con un 98% mientras que en contra parte los alifáticos de cadena media solo se consumieron un 1.6%. Por otra parte, el incremento del nitrógeno no favoreció el consumo de los hidrocarburos, en el caso del surfactante se encontró que para algunas fracciones si favoreció su consumo mientras que en otros casos presentó un efecto negativo donde disminuyó su consumo. Estos resultados pueden contribuir a plantear nuevas estrategias de remediación.

SE10-20

### A NEW VISION OF OIL SPILL PREPAREDNESS FOR THE NEW BREED OF OIL SPILLS

Hollander David<sup>1</sup>, Murawski Steven<sup>2</sup>, Schlüter Michael<sup>3</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup>, Paris Claire<sup>1</sup>, Oldenburg Thomas<sup>5</sup>, Romero Isabel<sup>2</sup> y Hu Chuanmin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of South Florida, College of Marine Science

<sup>2</sup>University of South Florida

<sup>3</sup>Technical University of Hamburg-Harburg

<sup>4</sup>University of Miami

<sup>5</sup>University of Calgary

davidh@usf.edu

The DWH blowout raises the questions of whether we were prepared for such large-scale and long-duration spills and whether a new vision of oil spill preparedness are needed. Currently there are a limited number of oil spill prevention and response strategies used including fate and trajectory modeling approaches, oil spill mitigation measures (surface dispersant application and subsurface dispersant injection, boom deployment and in situ burning, freshwater discharge, installation of multiple blowout preventers and deployment of re-engineered capping stacks. In spite of this array of prevent and response strategies, the DWH and Taylor energy incidents have identified a multitude of gaps in our vision for what could go wrong and how could we be better prepared to deal with the unpredicted nature of future oil spill catastrophes. The culmination of 10-years of research supported by the Gulf of Mexico Research Initiative has enlightened the academic oil spill research community on a number of strategies that would lead to better oil spill preparedness and damage/impact assessment. The Deepwater Horizon at 1500 mwd and the release of a light sweet-crude oil was just one of the potential "family of blowouts" that could potentially occur (varying oil well depths, oil types, oil/gas ratios). Since oil exploration has continuously gone deeper with drilling now regularly occurring at ~3000 mwd, "high-pressure experimental/testing facilities" are now available to predict oil partitioning, solubility and droplet size distribution for blowouts scenarios occurring at significantly greater depths and with an array of oil-types. These high-pressure experimental facilities can also be used to determine the efficacy of sub-surface dispersant injection across the "family of blowouts". During the DWH incident, unexpected phenomena such as under-sea oil plumes rich in BTEX compounds and the regionally significant MOSSFA (Marine Oil Snow Sedimentation and Flocculent Accumulation) event caused untold ecologic damage and delivered between 3 – 15% of the oil released to the seafloor. There are now advanced modeling tools to better define intrusion geometry, chemistry and trajectory and, with satellite imagery products, able to predict MOSSFA events during varying seasons and in a variety of locations. Due to a lack of environmental, ecologic and chemical baselines measured in waters, sediments and biota prior to the event led to equivocation on the extent of impacts. In the event of large-scale and long-term spills, a broad array of environmental and ecologic baselines would provide the information needed to be able to quantitatively measure impacts and to assess longer-term consequences of such spills. These baselines in and around existing and planned exploration and production infrastructure would include, but are not limited to, oil-derived components as dissolved and particulate constituents in waters, in economically and ecologically important fish species and in sediments and associated benthic ecosystems. Moreover, Productivity-Susceptibility Analysis of varying eco-types: onshore, coastal, offshore and benthic ecosystems. This talk will propose select policy recommendations aiming to fulfill this ambitious but necessary endeavor.

SE10-21 PLÁTICA INVITADA

### OIL SPILL IMPACTS AND RESILIENCY OF LIVING COMMUNITIES

Gracia Adolfo<sup>1</sup>, Murawski Steven<sup>2</sup>, Vázquez-Bader Ana Rosa<sup>1</sup>, Pulster Erin L.<sup>2</sup>, Alexander-Valdés Héctor M.<sup>1</sup>, Machain-Castillo María Luisa<sup>1</sup>, Ruiz-Fernández Ana Carolina<sup>1</sup> y Sánchez-Cabeza Joan Albert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>University of South Florida

gracia@unam.mx

The Gulf of Mexico (GoM) has been subjected to a chronic influence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from multiple sources: river runoff, natural seeps, oil activities and oil spills. River runoff and natural oil seeps systematically introduce large quantities of hydrocarbons to the GoM environment every year; however, catastrophic events like mega oil spills (Ixtoc 1 and Deepwater Horizon accidents)

are more outstanding and with a punctual direct impact. Baseline studies of PAHs in sediment (15.8-83.1 µg/kg) in the SW GoM showed variations with a general decreasing pattern from coastal areas-offshore. Usually higher PAH values are found associated to oil infrastructures or natural oil seep areas. Also, core analysis in the SW GoM showed that PAH levels present a high historical variability, ranging from 25-107 µg/kg with the highest values not matching the Ixtoc 1 blowout time. Communities at different levels (foraminifera, crustacean, echinoderm, fishes) seem to be adapted to live in this oiled environment. Even more, they present a high resiliency to episodic natural or man-made events. Community structure and diversity variations seem to be more related to environmental factors than hydrocarbon concentrations. On the other hand, several studies have recorded effects at sub individual, individual and supra-individual levels. However, studies have also registered high population and ecosystem resiliency to oil spills. Data suggest that living communities are able to adapt and respond to certain background oil levels. This study discuss how accumulative chronic pollution and potential oil spills may affect ecosystem resiliency. In the case of future large oil spill events, healthy communities are key to recovery from a disturbed situation.

SE10-22 CARTEL

### ALTERACIONES HISTOPATOLÓGICAS EN LENGUADOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN DESPUES DEL DERRAME DEL POZO MACONDO

Couoh-Puga Danilu<sup>1</sup>, Vidal-Martínez Víctor<sup>1</sup>,

Gold-Bouchot Gerardo<sup>2</sup> y Aguirre-Macedo Leopoldina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de investigación y de estudios avanzados del IPN, CINVESTAV-IPN Unidad Mérida

<sup>2</sup>Oceanography Department, Texas A&M University

vvidal621103@gmail.com

Se evaluaron los cambios histológicos del hígado, riñón, bazo y branquias de cinco especies de peces planos de la Península de Yucatán y su relación con las condiciones ambientales y contaminantes. Tanto peces como variables ambientales de la zona se colectaron durante cruceros oceanográficos llevados a cabo en otoño de 2010, 2011 y 2012. Para este estudio utilizó un índice de daño histopatológico (IDH), el cual se calcula categorizando los daños de mas leves a mas graves dependiendo de su extensión y gravedad. Los órganos más afectados fueron hígado y riñón, y los daños más graves se observaron en el Banco de Campeche y el Mar Caribe, en contraste con lo observado en peces de la plataforma norte de Yucatán. La presencia de focos de alteración celular y abundantes centros melanomacrófagos indicaron que estos peces planos han estado expuestos crónicamente a estrés ambiental. Un análisis de redundancia mostró asociaciones estadísticas significativas entre los valores de IDH con las concentraciones de hidrocarburos y metales pesados. Los resultados indicaron que los tejidos de peces planos están respondiendo activamente a la exposición a xenobióticos en el medio ambiente. Se observó una disminución de un crucero a otro de alteraciones asociadas a insultos ambientales agudos, y un aumento de aquellas generadas por exposición crónica. Sin embargo, la falta de información previa al derrame del pozo Macondo en la Península de Yucatán hizo difícil asociar los daños observados a este desastre ecológico.

SE10-23 CARTEL

### EFFECTO TÓXICO DE HIDROCARBUROS SOBRE LA EXPRESIÓN GÉNICA EN LARVAS DE LIMULUS POLYPHEMUS A TRAVÉS DE BIODIAGNÓSTICOS DE EXPOSICIÓN

Améndola Monica, González Penagos Carlos Eduardo, Zamora

Briseño Jesús Alejandro y Rodríguez Canul Rossanna del Pilar

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV

monica.amendola@cinvestav.mx

El impacto de los derrames de hidrocarburos en el ecosistema marino es muy relevante ya que puede afectar desde individuos hasta poblaciones enteras. La exposición a hidrocarburos ya sea por contacto directo o por ingestión de otros organismos contaminados tiene un potencial efecto negativo en los organismos de forma inmediata, a mediano y a largo plazo, así como a través de la acumulación de daños genotóxicos, citotóxicos y teratogénicos. Para contener los derrames de petróleo, se utilizan dispersantes químicos, sin embargo, existe aún mucha incertidumbre sobre su efecto en el medio acuático. Este estudio evaluó el efecto de la fracción soluble de un petróleo ligero del Golfo de México y su mezcla con el dispersante químico Nokomis 3-F sobre la expresión génica de larvas de cacerolita de mar, *Limulus polyphemus*, una especie de quelicerado de origen bentónico y localizado en zonas costeras. Se realizó un bioensayo de exposición aguda, y se analizaron los cambios en la expresión de genes del sistema antioxidante, del sistema inmunológico, de estrés térmico, y de apoptosis. Se observaron alteraciones significativas en los niveles de expresión génica en los organismos expuestos, siendo que el dispersante químico Nokomis 3-F4 potenció los efectos del petróleo crudo: la mezcla con el dispersante y crudo indujo efectos más significativos que la exposición al petróleo solo. Esto debe tenerse en cuenta en futuras aplicaciones de contingencia ante derrames de petróleo.

## SE10-24 CARTEL

### A FIRST ATTEMPT TO APPLY THE TRAJECTORY CLUSTERING METHOD FOR CHARACTERIZATION OF OIL SPILL SCENARIOS

Maslo Aljaz, Kotzakoulakis Konstantinos, Sheinbaum Julio y Estrada Allis Sheila Natali  
CICESE  
maslo@cicese.mx

During the past year, a huge amount of oil spill simulated data (~ 30 terabytes) have been produced within the CIGoM project. The sheer volume of data raised the need for a method that would enable their analysis in an objective way and produce comprehensive oil spill scenarios. Outside the oil-spill community, the quantitative analysis of movement trajectory has become a hot topic in both transportation research and geographical information science. An especially promising method to analyze a vast number of trajectories is called trajectory clustering. Clustering is an efficient instrument for handling large amounts of complex data and creating understandable overviews of properties and patterns that exist in the data. In this work, the most popular trajectory clustering method from the literature has been tested on the Gulf of Mexico oil spill trajectory data-set to assess its suitability for the analysis of the oil spill scenarios.

## SE10-25 CARTEL

### VARIABILIDAD DE LA CLOROFILA-A EN EXPERIMENTOS DE MESOCOSMOS SOMETIDOS A ESTRÉS POR PETRÓLEO

Juarez Fonseca Miryam<sup>1</sup>, Putzeys Sebastien<sup>2</sup>, Aguilar-Trujillo Ana<sup>2</sup>, Morales-Ojeda Sara<sup>2</sup>, Medina Gómez Israel<sup>2</sup>, Ochoa-Rosado Román<sup>1</sup>, Martínez José Andrés<sup>3</sup>, Cruz-Trejo Giuliana I.<sup>2</sup>, Nava-Ruiz Viridiana M.<sup>2</sup>, Medina-Euan Daniela<sup>2</sup>, Sierra-Oramas Daniela<sup>2</sup>, Aguirre-Macedo Leopoldina<sup>2</sup>, Pech Daniel<sup>2</sup> y Herrera Silveira Jorge Alfredo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV-IPN Mérida  
<sup>2</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Unidad Mérida.  
<sup>3</sup>Laboratorio de Biodiversidad Marina y Cambio Climático, El Colegio de la Frontera Sur  
miryamjf@gmail.com

Los experimentos de mesocosmos han sido ampliamente utilizados y aceptados como una de las mejores herramientas en ecología experimental e ingeniería ambiental. El control sobre las variables ambientales en conjunto con la reproducibilidad son los puntos fuertes de estos sistemas experimentales. Este estudio muestra los resultados experimentales de la variabilidad de la clorofila-a superficial como resultado a una exposición a diferentes concentraciones de petróleo. Para ello se realizaron tres experimentos de mesocosmos, MEX1, MEX2 y MEX3 en marzo, agosto y octubre de 2018 respectivamente, empleando 12 unidades experimentales (9 tratamientos y 3 controles) de 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad, sometidas a 4 tratamientos (por triplicado) con diferentes concentraciones de petróleo crudo ligero (10, 40 y 80ppm). La concentración de clorofila-a se monitoreo durante 15 días continuos, observándose mayor concentración en los tratamientos de 80ppm. El pico máximo de clorofila-a se registró durante los primeros cinco días en los tres experimentos ( 5.2, 2.1 y 9.8 mg-m<sup>-3</sup> respectivamente), sugiriendo que la película de petróleo que se forma en superficie favorece el incremento del índice de biomasa fitoplanctónica, al reducir el posible fotoestrés al cual podría estar sometida toda la capa superficial. Hacia el final del experimento se observó una disminución de la concentración de clorofila-a en todos los tratamientos, y la presencia de células de fitoplanton dañadas mayoritariamente en los tratamientos de 80ppm. Los daños celulares podrían alterar el funcionamiento y/o estructura de la comunidad fitoplanctónica lo cual podría tener un impacto sobre recuperación del sistema. Agradecimientos: Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Sectorial CONACyT - SENER - Hidrocarburos, proyecto 201441. Esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

## SE10-26 CARTEL

### ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE BIOMARCADORES MOLECULARES DE ESTRÉS OXIDATIVO EN PECES PROVENIENTES DEL CINTURÓN PLEGADO DE PERDIDO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Rivas Reyes Isajav<sup>1</sup>, Árcega Cabrera Flor<sup>2</sup>, Ceja Moreno Víctor<sup>1</sup>, Quintanilla Mena Mercedes<sup>1</sup>, Patiño Suárez Victoria<sup>1</sup>, Cañizares Martínez Alejandra<sup>1</sup>, Del Río García Marcela<sup>1</sup> y Puch Hau Carlos Alberto<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV  
<sup>2</sup>UNAM  
risajav@gmail.com

Se realizó un análisis espacio-temporal de la expresión del mRNA de cuatro genes involucrados en la defensa contra el estrés oxidativo celular, tales como catalasa (CAT), glutatión-S-transferasa (GST), glutatión reductasa (GR) y glutatión peroxidasa (GPx) inducidos por la presencia de contaminantes. Los estudios se realizaron en peces provenientes del Cinturón Plegado de Perdido (CPP); una zona de aguas profundas ubicada en el occidente del Golfo de México (GoM) y que contiene grandes reservas de hidrocarburos. Los organismos se colectaron durante

cuatro campañas oceanográficas (Perdido-1, Perdido-2, Perdido-3 y Perdido-4) en la temporada de primavera y otoño de 2016-2017. En la segunda campaña oceanográfica denominada Perdido-2, se encontró una mayor respuesta de los peces con altos niveles de expresión génica de CAT, GST y GPx en comparación con las otras tres campañas oceanográficas (Perdido-1, 3 y 4). Estos mayores niveles transcripcionales se registraron principalmente en estaciones cercanas a la costa, lo que pudiera atribuirse a la presencia de contaminantes prooxidantes principalmente, metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos, provenientes de la zona continental. Las respuestas fisiológicas de los peces asociados con la presencia de contaminantes, establecen la línea base ambiental del CPP que podría ser utilizado como niveles de referencia ante posibles contingencias ambientales relacionadas con los grandes derrames de hidrocarburos.

Sesión especial

# **LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN**

Organizadores:

Marina Manea

Sara Solís Valdéz

Erika Jessenia Moreno

SE11-1

## LA IMPORTANCIA DEL SEGUIMIENTO A EGRESADOS Y SU IMPACTO EN EL COLEGIO DE INGENIERÍA GEOFÍSICA DE LA BUAP

González Guevara José Luis, González Hernández Julio César,  
Martínez Mirón Yleana Claudia, Castillo Pensado Juan Luis, Alonso Ruiz  
Francisco Martín, Mejía Pérez José Alfredo y Lizardo Castro Cecilia  
*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*  
jose.gogu@gmail.com

La organización Columbus, una asociación de universidades de Europa y América Latina cuyo objetivo es promover la cooperación internacional y el desarrollo institucional de las universidades (Durán L. 2017), recientemente llevó a cabo un estudio sobre los sistemas de seguimiento en algunos países europeos a través de una guía estructurada de aspectos relevantes y mediante entrevistas a los actores principales de las organizaciones involucradas, a fin de entender la metodología y la organización de las mismas. Dicho estudio establece categóricamente, que conocer el destino laboral de los graduados es cada vez más requerido por los sistemas de acreditación institucional y por las propias autoridades educativas, e incluso que en muchos casos esto es un mandato establecido por la propia ley, a través de organismos evaluadores, como por ejemplo El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. (CACEI). La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) propone el siguiente esquema de trabajo con egresados (De la Cruz, Macedo y Torres, 1996), que toda institución puede asumir, según necesidades e intereses 1. Conocer el impacto que la oferta educativa universitaria tiene en el mercado laboral 2. Establecer la calidad de la docencia en la universidad, tomando como base la opinión de los egresados respecto a su propia formación 3. Conocer la ubicación profesional de los egresados 4. Analizar el impacto social de las escuelas y facultades en el mercado laboral 5. Contar con información que apoye la toma de decisiones para adecuar la oferta educativa universitaria a la demanda existente 6. Sentar bases para determinar la relación formación – prácticas profesionales. Se señala también que las encuestas se benefician cada vez más de las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC); aspecto que en años anteriores resultaba altamente costoso. Precisamente, haciendo uso de las NTIC, se desarrolló una encuesta en línea utilizando la herramienta denominada Google Forms, dirigida a los estudiantes egresados del colegio de Geofísica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), a fin de poder realizar un seguimiento y análisis del mismo. En esta oportunidad presentamos los resultados preliminares con una muestra de 118 egresados, a través de encuesta de veinticuatro puntos, lo que permitirá una mejor toma de decisiones.

SE11-2

## TRANSMISIONES DE DIVULGACIÓN EN FACEBOOK LIVE “PLATICANDO CON UN SISMÓLOGO”: NUESTRA EXPERIENCIA EN EL SSN

Cárdenas Caridad, Vela Rosas Miguel Ángel, Pérez-Campos  
Xyoli y Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional  
*Servicio Sismológico Nacional, SSN*  
aquí.cari@gmail.com

Las redes sociales se han convertido en una importante herramienta de divulgación. Las dos redes sociales que se manejan en el Servicio Sismológico Nacional (SSN) son Facebook y Twitter. Si bien en Twitter es la cuenta académica en el mundo con mayor número de seguidores, es en Facebook (SismologicoMX) donde ha sido posible tener un acercamiento más constante con el público, a través de preguntas que son resueltas usando un lenguaje sencillo y accesible. Aprovechando la actividad constante de los seguidores del SSN en Facebook, se decidió incursionar en una primera transmisión en vivo (Facebook Live) el 13 de octubre de 2016, con motivo del Día Internacional para la Reducción de Desastres. A partir de esta experiencia, surgió la idea de realizar periódicamente sesiones de preguntas y respuestas a través de esta plataforma y así comenzó la serie de transmisiones mensuales "Platicando con un sismólogo", con la presencia de especialistas en sismología, quienes contestan preguntas en tiempo real. Si bien, la participación de la comunidad de seguidores del SSN en Facebook era buena, esta se incrementó de manera importante a partir de los sismos de septiembre de 2017, lo que representó un reto en esta nueva forma de interacción con el público. Las estadísticas indican que las transmisiones de "Platicando con un Sismólogo" nos han permitido, en el Servicio Sismológico Nacional, tener mayor contacto con la población y responder a las inquietudes más frecuentes sobre el fenómeno sísmico de una manera accesible, utilizando un lenguaje claro y sencillo. La respuesta que han tenido estas transmisiones ha sido positiva, al compartir temas básicos de sismología a los seguidores del SSN en Facebook. Buscamos esclarecer los mitos más conocidos acerca de los sismos y disminuir el impacto de falsas alertas sobre posibles eventos sísmicos.

SE11-3

## DIFUSIÓN DE LA SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO POR MEDIO DE REDES SOCIALES Y UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

Núñez Leal M. Alejandra, Vidal Villegas José Antonio, Mendoza Garcilazo Luis  
Humberto, Arregui Sergio, Zavala Ibarra Iván y Sánchez Rodríguez Julia del C.  
*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE*  
anunez@cicese.mx

Actualmente la Red Sismológica del CICESE (RSC), monitorea en forma continua la actividad sísmica que ocurre en el noroeste de México. Uno de los principales objetivos de la RSC es proporcionar un servicio de información veraz y oportuna a la sociedad, medios de comunicación y a autoridades. Es por eso que buscamos constantemente hacer uso de herramientas tecnológicas disponibles (como Redes Sociales y Apps para dispositivos móviles, entre otras) para dar a conocer casi en tiempo real la información generada por la Red. En la RSC se detectan sismos, se localizan sus hipocentros y se calculan las magnitudes respectivas, de manera automática en aproximadamente 5 minutos, tras la ocurrencia del sismo. Esta información es publicada automáticamente a través de la página Web: resnom.cicese.mx y para llegar a un mayor número de personas, también se publica de manera automática en redes sociales como Facebook (Reporte Sismológico CICESE), Twitter (resnom1) y la Aplicación RSC. Esta Aplicación para dispositivos móviles, es gratuita (disponible para Android e iOS) y fue desarrollada en el Departamento de Sismología del CICESE. Con el uso de estas tecnologías, logramos llegar a un mayor número de usuarios, y reducimos el tráfico en la página Web, evitando así saturaciones tras la ocurrencia de un sismo perceptible por la población. Hemos logrado una mayor comunicación con la sociedad a través de la página de Facebook: Reporte Sismológico CICESE. En ella, además de dar a conocer los sismos localizados por la RSC, se publican capsulas informativas relacionadas con la actividad sísmica regional y global; se aclaran mitos y realidades en relación a los sismos; se publica información relacionada con el posgrado en Ciencias de la Tierra del CICESE y se responden dudas que los usuarios hacen llegar a través de mensajes privados por "inbox". De esta manera hemos logrado una mayor "cercanía" entre la población y el personal especializado que opera la Red.

SE11-4

## VISUALIZACIÓN 3D DE MUESTRAS DE ROCA: PRINCIPIOS, METODOLOGÍA Y APLICACIONES DOCENTES

Macías-Medrano Sergio, Mancera-Alejandrez Javier,  
Hernández-Espriú Antonio y Arias-Paz Alberto  
*Grupo de Hidrogeología, FI-UNAM*  
smmedrano@centrogeo.edu.mx

Como parte de la fotogrametría digital y desde los sistemas de visión por computadora, Structure from Motion (SfM) es una técnica que permite restituir un objeto real en tres dimensiones. Dicho método se basa en el procesamiento de fotografías adquiridas a corta distancia, que representan al objeto desde diferentes perspectivas, lo cual permite obtener un modelo de las partes del objeto capturadas en imagen. Dentro del Grupo de Hidrología de la FI-UNAM, desde hace tres años se desarrolla la habilidad en el manejo de esta técnica, con la intención de dirigirla al ámbito de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra con énfasis en la Hidrogeología, Sistemas de Información Geográfica y Mecánica de Rocas. A lo largo de este tiempo se ha documentado el conocimiento desarrollado referente a los principios fotogramétricos plasmados en metodologías a través de materiales didácticos y como un elemento esencial para las diversas aplicaciones docentes que favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje. Uno de los ejes docentes apunta a la visualización de muestras de roca en 3D a partir de la técnica SfM. Lo anterior implica construir un proyecto fotogramétrico que considere la resolución a la que se quiere obtener el modelo, el método de adquisición de las fotografías del objeto que en algunas muestras puede ser sistemático y el procesamiento de las imágenes para la restitución. Uno de los puntos notables de SfM es la interoperabilidad de los formatos con los que se puede representar un modelo en 3D, por lo cual, se platicará sobre la selección óptima para su visualización por medio de Internet a través de Sketchfab. Si bien, el objetivo de primera instancia es la visualización de las muestras en 3D como parte de un acervo del cual puedan acceder los estudiantes de manera virtual para identificar colores y ejecutar mediciones directamente sobre la roca virtual, existen tareas pendientes que al momento seguimos desarrollando referentes al procesamiento de las nubes de puntos, con lo que se estima obtener más características. Esta investigación ha sido financiada con el proyecto PAPIIT Grupal IV100117, realizado entre el Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE11-5

## EL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO, LO QUE DEBEMOS SABER ACERCA DE SU LEGALIDAD Y SUS IMPLICACIONES

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

La técnica de terminación o estimulación de formaciones de lutitas o de muy baja permeabilidad, denominada fracturamiento hidráulico, "fracking" como se le conoce en inglés, ha generado polémica en algunos medios. Los estudios en geociencias, que han soportado la aplicación de dicha técnica en la industria petrolera, son los encargados de proveer de la mejor información posible al respecto. Asimismo, hay que reconocer que debido a que se trata de una actividad económica de alto impacto, es necesario normarla, de forma tal que los interesados en llevarla a cabo cumplan con lo establecido por la legislación de cada sitio donde se pretenda aplicar. En ese sentido, como cualquier otra normativa, ésta debe estar apoyada por decisiones informadas que permitan establecer los elementos que se permiten o no, y cómo aquellos que se permiten, deben llevarse a cabo. Con base en lo anterior, es claro que las geociencias, junto con otras disciplinas asociadas, son las encargadas de, primero educar, y posteriormente difundir y divulgar el conocimiento que se tenga o no al respecto del fracturamiento hidráulico. Evidentemente se debe realizar con el mayor rigor científico posible. El presente trabajo pretende mostrar los principales elementos que se conocen del fracturamiento hidráulico, así como dar a conocer cómo se norma su uso en México, cómo se construyó dicho marco normativo, las implicaciones que podría representar su uso en nuestro país y algunas propuestas para la divulgación de la información.

SE11-6

## DIPLOMADOS PRÁCTICOS PARA EL ENTENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE FLUJO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS: POR UNA SOCIEDAD INFORMADA, PARTICIPATIVA Y TRANSFORMADORA

Ortega Guerrero Marcos Adrián<sup>1</sup>, Aguilar García Ramón<sup>2</sup> y Vallejo Barba Josefina<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias  
<sup>3</sup>Profesionista independiente en Pedagogía  
maog@geociencias.unam.mx

A pesar de la simplicidad conceptual del Ciclo del Agua en la naturaleza, existen retos científicos para su adecuada cuantificación y entendimiento, particularmente del agua subterránea, que representa el 97% del agua en México. El agua subterránea obedece a diferentes escalas de tiempo desde su infiltración, que pueden ser desde unos cuantos días hasta miles de años, con diferentes condiciones en la interacción agua-suelo- roca y de modificaciones en su densidad y por tanto en su movimiento. El concepto de Sistemas de Flujo de Agua subterránea (SFAS) involucra aspectos cuantitativos del Ciclo del Agua en su conjunto y de interacción con los ecosistemas, que es necesario conocer para hacer una gestión adecuada. El desarrollo del entendimiento y cuantificación de los SFAS se han estudiado en la Cuenca de la Independencia (Cuenca Alta del Río La Laja) en el estado de Guanajuato, donde el conocimiento científico ha sido transmitido a la sociedad a través de diplomados prácticos, con una duración de 120 horas y con reconocimiento oficial por la UNAM. En 2017 se dio el último diplomado, al que se integró el conocimiento más actualizado de la situación del agua subterránea en el esquema de los SFAS, al que se sumaron aspectos toxicológicos, jurídico-legislativo y del comportamiento del agua en la zona no saturada en un terreno experimental agropecuario; expuestos por varios profesionales en cada uno de los temas. Estos nuevos componentes requirieron de un nuevo diseño pedagógico en la enseñanza de estos temas. El presente trabajo detalla la metodología en la incorporación de los nuevos participantes con temas novedosos, complementarios y de gran utilidad para informar a la sociedad, propiciar su participación y transformar su entorno.

SE11-7

## PRESENTACIÓN DEL LIBRO "QUÍMICA PARA CIENCIAS DE LA TIERRA: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES", EDITORIAL UNAM

Arellano Gil Javier, Soto Ayala Rogelio y Pérez Martínez Ana Laura  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
arellano@unam.mx

El libro "Química para Ciencias de la Tierra: Fundamentos y aplicaciones" es una obra cuya primera edición se publicó en marzo de 2019, por la Facultad de Ingeniería, UNAM, con ISBN 978-607-30-1601-8, 556 páginas. Es el producto principal de un Proyecto Institucional de Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME PE103116). La obra consta de veintidós capítulos con un temario base que cubre en los diez primeros, el temario y los objetivos de la asignatura "Química de Ciencias de la Tierra", de carácter obligatorio, que se imparte en el primer semestre de las carreras de ingeniería geofísica, geológica, petrolera y de minas-metalurgia, de los

planes y programas de estudio de la Facultad de Ingeniería, UNAM; además incluye en doce capítulos adicionales temas complementarios relevantes sobre aplicaciones y casos prácticos, para contribuir a que los estudiantes mejoren su aprendizaje. Incluye también cuestionarios de autoevaluación con resultados y tres apéndices, que, en conjunto, constituyen un material didáctico motivante e interesante para los alumnos en el estudio de la Química Orgánica e Inorgánica. Pretende contribuir al logro de una formación profesional integral y de calidad, de modo que los egresados respondan con éxito a la demanda de recursos humanos altamente calificados que solicitan las empresas públicas y privadas, dedicadas a la exploración y explotación de recursos naturales. El libro intenta vincular los conceptos y la teoría de la Química con ejemplos de diferentes campos de aplicación práctica, reforzando así la conexión entre ciencia e ingeniería; trata de los principios básicos de diversas ramas de la Química, a saber, Química Física, Química Inorgánica, Química Orgánica, Electroquímica y Geoquímica, entre otras. Escrito principalmente para su uso como un libro de texto para cursos de nivel universitario, considerando que los temas cubiertos proporcionan las herramientas fundamentales necesarias para que los estudiantes de ingeniería adquieran una formación más completa en el área de la Química. La obra es resultado de un esfuerzo conjunto de treinta y tres académicos que tienen el propósito de contribuir en la mejora de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje significativo de la asignatura "Química de Ciencias de la Tierra", la que, junto con las demás asignaturas de Ciencias Básicas, son el sustento de los estudios de las diversas carreras de ingeniería que se imparten en UNAM y en otras instituciones educativas en México. La Química es piedra angular dentro de la formación de los ingenieros en Ciencias de la Tierra, ya que, como ciencia básica, junto con las Matemáticas, la Física y la Geología, contribuye a que los estudiantes desarrollen un pensamiento lógico, ordenado y estructurado, indispensable para la adecuada solución de problemas que se presentan en la práctica profesional.

SE11-8 CARTEL

## "MIS FÓSILES, MI PATRIMONIO": ¿CÓMO LOGRAR DE MANERA EFECTIVA LA APROPIACIÓN DE LOS BIENES PALEONTOLÓGICOS DE LA MIXTECA ALTA DE OAXACA?

Guerrero Arenas Rosalía y Jiménez Hidalgo Eduardo  
Universidad del Mar, campus Puerto Escondido  
rosaliaga@zicatel.umar.mx

La divulgación de la ciencia se ha considerado como una herramienta poderosa para que el público participe activamente en la apropiación del conocimiento. En nuestro país existen esfuerzos aislados enfocados en que las comunidades tengan los elementos para valorar los bienes paleontológicos que puedan tener en su territorio. La Mixteca Alta Oaxaqueña se caracteriza por la marginación de sus comunidades y numerosos yacimientos fosilíferos. El objetivo de este trabajo es lograr la identificación y apropiación del patrimonio paleontológico en comunidades de esta zona, con el fin de garantizar su conservación por los pobladores de las comunidades aledañas a las zonas con registro fósil. Las actividades de divulgación se planearon con base en las características educativas y sociales de los estudiantes de tres poblaciones. Dos de los poblados, San Antonio Acutla y Cuauhtémoc Tayata, tienen un grado de marginación alto, así como un rezago social municipal medio. Por su parte, el tercer poblado, Santiago Yolomécatl, tiene un grado de marginación medio y un rezago social municipal bajo. Las estrategias a seguir se dividieron en tres etapas: la preparación de material didáctico ad hoc manipulable y visual, la impartición de talleres en las escuelas de los poblados, y la generación de una página web con información complementaria. El material didáctico constó de materiales manipulables e infografías, así como material gráfico que los asistentes al taller pudieran llevarse a su casa y compartir con sus familiares. Por su parte, el taller consta de cinco fases, las cuales incluyen una evaluación inicial, inducción a conceptos básicos, sensibilización, conversatorio y cierre cognitivo. Debido a que la mayoría de los estudiantes carece de antecedentes académicos sobre el tema, se enfatizaron los contenidos de la primera etapa con la información necesaria para entender la importancia de los fósiles y sus características. La página web se diseñó con contenidos atractivos e información basada en las investigaciones sobre la biota fósil de los diversos sitios. Si bien estas actividades requieren llevarse a cabo durante un lapso mayor y de manera frecuente, es notable que varios habitantes de los poblados adyacentes a los yacimientos fosilíferos reconocen la importancia de su patrimonio fósil, así como su conservación y cuidado.

SE11-9 CARTEL

## EL CONSEJO DE PALEONTOLOGÍA Y LA DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DE SU QUEHACER CIENTÍFICO

Guerrero Arenas Rosalía<sup>1</sup>, Aguilar Arellano Felisa Josefina<sup>2</sup> y Jiménez-Hidalgo Eduardo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad del Mar, UMAR  
<sup>2</sup>Consejo de Paleontología, Instituto Nacional de Antropología e Historia  
rosaliaga@zicatel.umar.mx

El Consejo de Paleontología es un órgano colegiado científico, compuesto por diversos académicos e investigadores a nivel nacional que realizan investigación en paleontología, cuyo objetivo es asesorar a la Dirección General del Instituto Nacional de Antropología e Historia en las actividades de investigación, conservación, protección y manejo de los bienes paleontológicos que se encuentren en México. Uno de los objetivos planteados, desde su reactivación en 2017, es dar a conocer la legislación y los procedimientos que existen para investigar,

conservar y manejar el patrimonio paleontológico mexicano hacia la comunidad de profesionales en Ciencias de la Tierra en el país. Entre las actividades desarrolladas están ponencias orales y carteles presentados en foros, simposios y congresos nacionales e internacionales. Asimismo, se han celebrado conversatorios y mesas redondas en eventos académicos, con el objetivo de interactuar con académicos e investigadores, así como estudiantes y público en general. Con relación a las actividades de divulgación, se han organizado dos semanas de divulgación paleontológica en dos universidades estatales, así como ciclos de conferencias y la exhibición de una exposición gráfica en diversas instancias educativas nacionales. La respuesta en la mayoría de las actividades de difusión ha sido positiva, aunque se ha detectado que algunos sectores de la comunidad de académicos e investigadores es indiferente a la información presentada y a la discusión de los diferentes tópicos expuestos. En el caso de las actividades de divulgación, la respuesta en general ha sido positiva, ya que el público receptor lo ha expresado en los diversos foros. Se plantea que, a corto plazo, estas actividades continúen, tanto en la sociedad como en la comunidad científica, con esta última se busca incrementar la interacción y discusión de los mecanismos involucrados en el estudio, conservación y manejo de los bienes paleontológicos en México.

## SE11-10 CARTEL

### LOS GEOSITOS DE LA REGIÓN VALLES: ¿SUFICIENTE PARA UN GEOPARQUE?

Rosas-Elguera José<sup>1</sup>, Maciel Flores Roberto<sup>2</sup>, Peña Laura<sup>2</sup> y Lerena Martha<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, CUVALLS  
<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara, CUCBA  
 jrosaselguera@yahoo.com

En el 2015 la UNESCO creó el concepto de "Geoparques Mundiales de la UNESCO" para subrayar la importancia de la gestión de los sitios geológicos y paisajes destacados de una manera holística de tal manera que reconocen internacionalmente los sitios que promueven la importancia de proteger la geodiversidad de la Tierra, mediante la participación activa de las comunidades locales. La Región Valles se localiza en el Estado de Jalisco, al occidente de Guadalajara. En términos generales en esta región convergen tres escenarios geológicos muy diversos entre sí. La Sierra Madre Occidental, el bloque Jalisco y la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). En este trabajo se presentan 13 geositos asociados a la evolución geológica de la región desde el punto de vista de su magmatismo y cuencas sedimentarias. Al mismo tiempo presentamos algunos de los escenarios que caracterizan el occidente de México, incluso algunos de ellos patrimonio de la humanidad como el paisaje agavero

## SE11-11 CARTEL

### MODELOS 3D: MÁS QUE UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN, DE INCLUSIÓN PARA LA ENSEÑANZA Y DIFUSIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA SOCIEDAD

Solano Ericka Alinne y Juventino Ramírez Eduardo  
 Universidad del Mar  
 alierika@gmail.com

En la actualidad muchos de los recursos tecnológicos son parte de nuestra vida cotidiana. Sin embargo, aún no hemos explotado del todo estas tecnologías de vanguardia en la enseñanza de Ciencias de la Tierra. Mediante el uso de impresoras 3D, los científicos de la Tierra, océano y planetarios, han tenido la capacidad de observar estructuras y procesos geológicos espacialmente complejos que de otro modo serían difíciles de visualizar usando medios 2D como pantallas de computadora o en papel. Los conceptos sobre fallas sísmicas, volcanes, fósiles o estructuras coralinas a menudo se vuelven más accesibles para los estudiantes y público en general, cuando son en tres dimensiones porque pueden ser manipulados físicamente. Por ejemplo, gracias a las impresoras 3D se han generado modelos del sistema arrecifal de Huatulco, Oaxaca, a partir de fotografías tomadas con drones aéreos y submarinos para monitorear procesos en el transcurso del tiempo y tener referencia de su complejidad estructural como indicador de salud del ecosistema. La ventaja de impresiones plásticas en 3D es que no son frágiles como los modelos de arcilla o yeso. La generación de modelos impresos en 3D no es sólo una forma de crear actividades lúdicas y de divulgación, sino que son una herramienta poderosa para presentar nuestros datos y modelos numéricos a un público más amplio. Esta idea nos llevó a extender el uso de estas herramientas para fomentar la inclusión de personas con capacidades diferentes para el entendimiento de los fenómenos naturales y hacerlos partícipes en la mitigación del riesgo.

## SE11-12 CARTEL

### PUBLICACIÓN Y ARRANQUE DE LA PÁGINA DE INTERNET DE FENÓMENOS TERRESTRES DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Salazar-Peña Leobardo<sup>1</sup>, Zenteno Jiménez José Roberto<sup>1</sup>, Chávez-Hernández Omar Cristian<sup>1</sup>, Romero-Espejel Héctor<sup>1</sup>, Galaviz-Alonso Sergio Alberto<sup>2</sup>, Hernández-Oscoy Ariadna<sup>3</sup>, González-López Martina<sup>1</sup>, Mejía-Cisneros Nohemí<sup>1</sup>, Castañeda Leónides Fausto<sup>3</sup>, López-Ceja Juan Carlos<sup>1</sup>, Pérez-Peña Luisa Cristina<sup>1</sup>, Cruz-Pliego Miguel Ángel<sup>4</sup>, Palomeque-Jiménez Jocelin<sup>4</sup>, Velueta-Zapata Vianey<sup>4</sup> y Castillo-Rodríguez Keila<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, IPN  
<sup>2</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres  
<sup>3</sup>Comisión Federal de Electricidad  
<sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
 lsalazar@ipn.mx

En el mes de marzo, 2019, se publicó la página de fenómenos terrestres del Instituto Politécnico Nacional (<https://www.esiatic.ipn.mx/geofenomenos/>). Como divulgación oficial está respaldada por el Gobierno de México a través de la Secretaría de Educación Pública. Los logos de estas dependencias y el del IPN, aparecen en la parte superior de la página en cada sección. La página está sustentada en trabajos propios de las metodologías geofísicas, geológicas y computacionales, que incluyen la modelación. Las secciones de la página son: Inicio, terremotos, tsunamis, volcanes, contaminación (atmosférica), agrietamientos (geológicos), otros y conócenos. En la sección de otros están incluidos los temas de deslizamientos terrestres, deformación cortical y el tema de social-económico. Todos los geofenómenos cuentan con una parte explicativa. Los terremotos, tsunamis, volcanes y contaminación atmosférica, adicionan las aplicaciones computacionales de mejor desarrollo. En la computación se incluyen videos de las partes de animación-simulación-modelación. La página cuenta con temas de actualización periódica como sismicidad, en la que se toman y se citan las fuentes de información (SSN y USGS). La contaminación atmosférica se actualiza como pronóstico para la Ciudad de México. Otras actualizaciones aunque no tan periódicas, suceden en la modelación de terremotos, tsunamis y volcanes, por ahora, como arranque. La página contempla temas o de reporte especial, según se presente algún geofenómeno particular o de importancia en México, en la que se incluirán las aplicaciones computacionales. El tiempo real en algunos casos, está contemplado también. La página cuenta con sus redes sociales de Facebook (IPN Fenómenos Terrestres), canal de YouTube (IPN Fenómenos Terrestres), Twitter (IPN Geofenómenos) y se planea Instagram.

## SE11-13 CARTEL

### CAPÍTULO ESTUDIANTIL EAGE-BUAP

Melendez Arvizu Luis José, Cano Ayora Víctor y González Hernández Julio César  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
 luisjosemelendezarvizu@gmail.com

El Capítulo Estudiantil EAGE-BUAP surge de la idea de alumnos y profesores para crear una agrupación para difundir temas de intereses geofísicos, en el año 2016 como motivo de celebración del 15to aniversario del Colegio de Ingeniería Geofísica. Se logra la alianza con la Asociación Europea de Geocientíficos e Ingenieros (EAGE, por sus siglas en Inglés) en 2018. Pero desde 2017 el capítulo estudiantil trabaja en su proyecto piloto "Ciclo de conferencias Mirada Geofísica" pero es en 2019 que se declara como "Congreso Anual de Geociencias EAGE-BUAP, MIRADA GEOFÍSICA" con el propósito de lograr un mayor alcance en la comunidad estudiantil, sobre las distintas áreas de las geociencias y la geofísica. La Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla recibe, en el periodo de primavera, a ponentes interesados en impartir su conocimiento así como empresas, talleristas, centros de investigación, estudiantes, cartelistas y a quienes buscan participar y lograr un contacto directo con la comunidad. Mirada Geofísica, un congreso creado por estudiantes para estudiantes.

## SE11-14 CARTEL

### EL CYG: PROMOVENDO LA CIENCIA Y DIPLOMACIA DEL TPCE

Zhurina Natalia<sup>1</sup>, Juárez Zúñiga Alan<sup>2</sup> y Solano Ericka Alinne<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Organismo para la Proscripción de Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (OPANAL)  
<sup>2</sup>University of Southern California  
<sup>3</sup>Universidad del Mar Campus Puerto Ángel  
 nszhurina@gmail.com

El Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (TPCE) es un tratado internacional que prohíbe las explosiones nucleares en la superficie de la tierra, en la atmósfera, bajo el agua y bajo la tierra. El Grupo de Jóvenes del TPCE (CYG por sus siglas en inglés) tiene como objetivo revitalizar la discusión entre políticos y la comunidad científica sobre la importancia de la prohibición de los ensayos nucleares. Aunque el Tratado no entra en vigor aún, la Organización trabaja para que el Tratado sea realidad. Sin embargo, los últimos años han sido complicados para la OTPCE, pues ninguno de los ocho países firmantes, que faltan para la entrada en vigor del Tratado, han mostrado interés en firmar o ratificarlo. En este sentido,

en el 2016 el Secretario General presentó una idea innovadora para promover el Tratado y su entrada en vigor: El Grupo de Jóvenes del TPCE. Este grupo está abierto a todos los estudiantes y jóvenes profesionales que dirigen sus carreras a contribuir a la paz y la seguridad mundial y que deseen participar activamente en la promoción del TPCE y su régimen de verificación. Las actividades del CYG incluyen cursos sobre Ciencia, Tecnología y Diplomacia del Tratado y están dirigidos a estudiantes de nivel licenciatura, e.g., en Universidad Nacional de Investigación Nuclear de Rusia y Universidad del Mar en México. Los cursos tienen como objetivo presentar aspectos técnicos y diplomáticos del TPCE. Los talleres abordan la historia de los ensayos nucleares, el Sistema Internacional de Vigilancia (SIV), el Centro Internacional de Datos, las Inspecciones In-situ y el uso de los datos del SIV en aplicaciones civiles y científicas. Adicionalmente, organizamos teleconferencias con la OTPCE en Viena donde los estudiantes pueden aprender sobre el trabajo de la Organización y los científicos y diplomáticos que en ella laboran. Este tipo de proyectos ayudan a aumentar la cantidad de miembros del Grupo de Jóvenes, promover proyectos multidisciplinarios entre ciencia y diplomacia e incrementar la conciencia sobre la importancia de la prohibición de ensayos nucleares.

Sesión especial

# **PREVENCIÓN DE DESASTRES POR TERREMOTOS Y TSUNAMIS EN MÉXICO**

Organizadores:

Yoshihiro Ito

Víctor M. Cruz-Atienza

SE12-1

## HAZARDS ASSESSMENT OF LARGE EARTHQUAKES AND TSUNAMIS FOR DISASTER MITIGATION IN THE MEXICAN PACIFIC COAST

Ito Yoshihiro<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>2</sup>, Ide Satoshi<sup>3</sup>, Husker Allen<sup>2</sup>, Yoshioka Shoichi<sup>4</sup>, Mori Nobuhiro<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Hatayama Michinori<sup>1</sup>, Novelo Casanova David Alberto<sup>2</sup>, Yamori Katsuya<sup>1</sup>, Zepeda Ramos Oscar<sup>2</sup>, Nakano Genta<sup>1</sup> y Sánchez Pérez Tomás<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kyoto University

<sup>2</sup>National Autonomous University of Mexico

<sup>3</sup>The University of Tokyo

<sup>4</sup>Kobe University

<sup>5</sup>National Center for Prevention of Disasters  
ito.yoshihiro.4w@kyoto-u.ac.jp

The Pacific coast of Mexico faces a high risk of disasters for natural causes owing to the frequent occurrence of megathrust earthquakes and tsunamis. We require urgent attention to mitigate the associated risk. The current five-year collaborative project between Japan and Mexico is investigating earthquake/tsunami scenarios based on onshore and offshore seismological-geodetic observations. We have deployed seismometers and GNSS receivers onshore and offshore Guerrero. We have developed novel methods of seismological and geodetic data processing, earthquake/tsunami hazard maps and tsunami evacuation guidelines to mitigate the damage caused by future megathrust earthquakes on the Pacific coast of Mexico in the project. A relevant educational program in the coastal communities is also conducted. This project is being financially supported by "SATREPS", a Japanese government program that promotes international collaborative research, the National Autonomous University of Mexico (UNAM) and the Mexican Council of Science and Technology (CONACyT). The program aims to address global issues, such as disaster mitigation of megathrust earthquakes and the associated tsunamis, and to produce research outcomes with practical benefits to both Japan and Mexico. The project will also attempt to integrate disaster science as a part of the global challenge to support both the Latin American and Japanese governments' long-term strategies to bring about sustainable social development.

SE12-2

## ESTACIONES SISMO-GEODÉSICAS DE LA RED SATREPS EN MÉXICO

Real Jorge<sup>1</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Husker Allen<sup>1</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>1</sup>, Ito Yoshihiro<sup>2</sup>, Plata Martínez Raymundo Omar<sup>2</sup>, Soliman García Emmanuel<sup>2</sup> y Franco Sanchez Sara Ivonne<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Kyoto University

real@igeofisica.unam.mx

Con el proyecto en conjunto entre Japón y México "Evaluación del peligro asociado a grandes terremotos y tsunamis en las costas del Pacífico mexicano para la mitigación de desastres" bajo el programa "Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development" (SATREPS), se instaló en el estado de Guerrero desde el 2017, 11 estaciones de GPS y 7 estaciones de banda ancha, además se desplegaron 7 sismómetros de fondo oceánico (OBS), 7 sensores de presión OBP) y 2 sistemas de posicionamiento acústico (GPS-A) en la zona del GAP de Guerrero. En el presente trabajo se muestra el estado actual de esta red, la disponibilidad de los datos y las instalaciones futuras a realizar. Within the joint project between Japan and Mexico "Assessment of the danger associated with major earthquakes and tsunamis on the Mexican Pacific coast for disaster mitigation" under the program titled "Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development" (SATREPS) there have been installed since 2017 11 GPS stations and 7 broadband seismic stations in the state of Guerrero Mexico. In addition to these, 7 ocean bottom seismometers (OBS), 7 ocean bottom pressure sensors (OBP) and 2 acoustic GPS-A systems were deployed in the area of the Guerrero GAP. In this presentation we show the current status of these networks, the availability of data and future installations to be performed.

SE12-3

## OBS DETECTION OF SHALLOW TREMORS AT THE GUERRERO GAP, MEXICO

Plata Martínez Raymundo Omar<sup>1</sup>, Ide Satoshi<sup>2</sup>, Mizuno Naoto<sup>2</sup>, Toh Akiko<sup>2</sup>, Shinohara Masanao<sup>3</sup>, Yamada Tomoaki<sup>3</sup>, Husker Allen<sup>4</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Real Jorge<sup>4</sup>, Yamashita Yusuke<sup>1</sup> y Ito Yoshihiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kyoto University

<sup>2</sup>The University of Tokyo

<sup>3</sup>Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo

<sup>4</sup>Instituto de Geofísica

plata.omar.48e@st.kyoto-u.ac.jp

In an effort to improve our comprehension of the seismic cycle governing the Guerrero Gap and the seismic hazard it implies, in November 2017, an array of Ocean Bottom Seismometers (OBS) was deployed at the coast of Guerrero for the first time. In comparison to the downdip portion of the plate interface, until now, no

slow earthquakes activity has been observed updip close to the trench. However, the newly deployed OBS equipment can provide us firsthand observations to search for slow earthquakes activity in the shallow portion of the subducting plate interface. After calculation noise curves and real horizontal orientation for each OBS station, a modified correlation method was applied in search of shallow tectonic tremors near the trench. Results detected cluster bursts of seismic events close to the trench. These detections do not show any migration but display a recurrence period of approximately three months. Analyzing their seismic signals, we find that detections are deficient at frequencies above 10 Hz attenuating rapidly but are efficient at a frequency band between 2 and 8 Hz. No clear arrival of P or S waves are visible and after removing T-phase as the source of these detections, the prospect of tremor activity is high. Further analysis is still required to understand the nature of these seismic events and their role in the complex seismic cycle of Guerrero. New incoming data, including that from Ocean Bottom Pressure gauges and acoustic GPS in the SATREPS project, will all be valuable incomes to ensemble a portrait of the seismic hazard associated to the shallow portion of the Guerrero Gap.

SE12-4

## INTERACTION BETWEEN TECTONIC TREMOR AND EARTHQUAKES IN THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE

Husker Allen, Frank William, González Guillermo, Ávila Leticia, Kostoglodov Vladimir y Kazachkina Ekaterina  
Instituto de Geofísica, UNAM  
allen@igeofisica.unam.mx

We develop a single-station tremor spectrum template detection method that we applied to continuous seismic data recorded by the Mexican National Seismological Service broadband stations. This allows for an unprecedented long-term analysis of tectonic tremor in Mexico over multiple slow slip events (SSEs). We only detect tremor that are within previously discovered tremor regions, thereby extending the catalog in time but not space. The resulting catalog demonstrates the strong correlation of bursts of tremor activity and aseismic slip over multiple slow slip cycles. The M-7 long-term SSEs in the states of Guerrero and Oaxaca are associated with the longest sequences of tremor bursts. Each of these tremor bursts are made up of a series of smaller bursts. In between the large M7 SSEs, there are shorter duration, isolated tremor bursts. In Guerrero, these shorter bursts were found to accompany M-6 short-term SSEs. The occurrence of these short-duration tremor bursts in Oaxaca demonstrates that small short-term SSEs occur in both major slow slip regions in Mexico. The discrete range of tremor burst sizes and rates suggests that slow slip events in the Mexican subduction zone are organized into characteristic moment and moment rates. We analyze the interaction between tremor bursts in the catalog and earthquakes since 2009.

SE12-5

## REMOTELY TRIGGERED TECTONIC TREMOR AT JALISCO IN THE MEXICAN SUBDUCTION ZONE BY THE 2017 MW8.2 TEHUANTEPEC EARTHQUAKE

Miyazawa Masatoshi<sup>1</sup> y Santoyo Miguel A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
miyazawa@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp

Surface waves from the 2017 Mw8.2 Tehuantepec earthquake of September 8th, 2017 (UTC) remotely triggered tectonic tremor in the Jalisco-Colima region about 1000 km to the WNW. Previous studies found the triggered tectonic tremor by teleseismic waves in subduction zones and plate boundaries around the world, including Nankai trough, Cascadia subduction zone, Hikurangi subduction zone, and San Andreas Faults, where ambient tremor has also been reported. In the southern Mexican subduction zone, the tremor was triggered by the 2010 Mw8.1 Maule earthquake (Zigone et al., 2012). The 2017 Tehuantepec earthquake also triggered tremor along the western coast of North America (Chao et al., 2017). We show that that tremor in the Jalisco-Colima region, where the tremor-triggering has not been reported previously, was remotely triggered by the 2017 Tehuantepec earthquake in phase with its surface waves. The location of the triggered tremor was not obtained because of the poor coverage of the seismic network. We calculated the changes of stress and strain on the plate interface in three-dimensional structures for the passing waves of the Tehuantepec earthquake by full wavefield simulation, to understand how the tremor was triggered in the Mexican subduction zone. The maximum magnitude of the eigenvalues of the dynamic strain tensor obtained at a depth of about 45 km on the plate interface, where tremor has been found by previous studies, was about 2e-6. The maximum Coulomb failure stress change for the mechanism of thrust slip in the region was about 100 kPa, which is comparable to the value of 70 kPa estimated by an inverse approach using observed waveforms via transport kernels in one-dimensional structure (Miyazawa & Brodsky 2008).

SE12-6

## REPEATING EARTHQUAKES DISTRIBUTION ALONG THE MEXICAN TRENCH: HOW SLIP CHANGE AROUND THE OMETEPEC-PINOTEPA NACIONAL AND GUERRERO GAP ZONE

Domínguez Ramírez Luis Antonio<sup>1</sup>, Taira Taka'aki<sup>2</sup>, Legrand Denis<sup>1</sup>, Iglesias Arturo<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup> y Ito Yoshihiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Berkeley Seismological Laboratory

<sup>3</sup>Universidad de Kyoto

ladominguez@enesmorelia.unam.mx

For several decades, the Ometepec-Pinotepa Nacional region has remained as one of the most seismically active areas in Mexico. On the other hand, the Guerrero gap persists as one of the major concerns due to the lack of large megathrust earthquakes on this segment. Detection of repeating earthquakes in Mexico suggests large variation of slip between these two areas. Furthermore, the 2012 Mw 7.4 Ometepec earthquake and the 2018 Mw 7.2 Pinotepa Nacional earthquake induced a significant increase in characteristic repeating earthquake activity and consequently an acceleration in the slip rates. In this study, we explored the variation of slip along the trench from 2001-2018 using characteristic repeating earthquake. Using coda wave interferometry, we examine the relative distance between clusters of events to determine whether they are produced by a single asperity or by a group of closely packed asperities. Additionally, we investigate the focal mechanism of characteristic repeating earthquakes on the Guerrero gap by means of the SATREPS amphibious array. Our study shows the possible interaction that occurred between two major earthquakes as well as detailed two-decadal time history of the evolution of the slip in the Guerrero gap.

SE12-7

## A BROADBAND SEISMOLOGICAL OBSERVATION NETWORK FOR SURFACE DYNAMIC DEFORMATIONS, NORTHWEST OF THE GUERRERO SEISMIC GAP: NEW RESULTS

Santoyo García Galiano Miguel Angel<sup>1</sup>, Corona Fernandez Raúl Daniel<sup>2</sup>, Miyazawa Masatoshi<sup>3</sup> y Castro Artola Óscar Alberto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica Campus Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>3</sup>Research Center for Earthquake Prediction, DPRU, Kyoto University.

<sup>4</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

santoyo@igeofisica.unam.mx

In Mexico, the static stress changes produced by large earthquakes along the Mexican Subduction Zone (MSZ) has been studied by several authors. There are, however, few studies about the seismic triggering, time-advanced occurrence of earthquakes, and slow slip events due to dynamic deformations and dynamic stress transfer produced by seismic events. Several authors have shown evidence of remotely triggered earthquakes due to the effects of propagating waves. In this frame, it becomes essential to study with detail, the dynamic deformations including strains and rotations, as also the dynamic stresses at surface produced by subduction and intraslab earthquakes close to the seismic source. The analysis of these features at surface is necessary to estimate these ground motions characteristics at depth, especially along the rupture interface. During March 2018, it was installed a temporal seismological network, consisting of three triaxial broad band seismic stations configured as a short-aperture array, that together with the ZIIG seismological station, will allow to compute from recorded data the surface displacement gradients, and the dynamic deformations including strain and rotation time histories. This array was installed in the close vicinity of the ZIIG-SSN station, in the Ixtapa-Zihuatanejo International Airport area. Adequate estimates of the dynamic strains and rotations at surface, requires that the maximum distance among stations should be as much 1/4 of the shortest wavelength of interest. In this work we obtain new results from recent observations recorded by this network. To do this, we performed different sensor orientation corrections as also for the spatial location of stations. From here we obtain the estimates of dynamic strains and rotations in this site for different earthquakes with magnitudes between M4.0 and M5.2. Results show that this network allows to identify well the surface dynamic deformations in this zone. This array is located near the western north-western limit of the Guerrero Gap; this aspect becomes of high importance in order to study the possible influence of the dynamic stress transfer by earthquakes along the Guerrero seismic Gap, especially along the seismogenic interface.

SE12-8

## INITIATION OF THE MW=8.0 OCTOBER 9, 1995 JALISCO, MEXICO, EARTHQUAKE BY INCREASED PLATE COUPLING DUE TO FOCUSED FLUID VENTING ASSOCIATED WITH SEAMOUNT SUBDUCTION

Bandy William<sup>1</sup>, Mortera Gutiérrez Carlos Angel<sup>1</sup>, Pérez Calderón Daniel<sup>1</sup>, Ponce Núñez Francisco<sup>2</sup> y Ramírez Gaytán Alejandro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>3</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara

bandy@geofisica.unam.mx

Multibeam bathymetric and acoustic backscatter data, along with sub-bottom profiler data collected during the MORTIC07 (18 Jan.-7 Feb., 2008) and JGAP2013 (14-29 Jan. 2014) campaigns of the B.O. EL PUMA employing the Kongsberg EM300 multibeam system provide indirect evidence for a seamount subducting beneath the continental slope off Manzanillo, Mexico, 28 km east of the Middle America trench at a depth of between 6 and 11 km. A 15 km diameter, circular patch of high acoustic backscatter seafloor is imaged on top of a >500 meter high seafloor dome (25 km radius) that contains numerous (> 500 m wide, 20 m high) conical vents. The vent field is postulated to be a manifestation of focused dewatering of entrained sediments along the underlying megathrust, the water rising to the seafloor via fractures/faults formed in the crust by the subducting seamount. The 9 October 1995 (Mw 8.0) earthquake was initiated along the megathrust between the Rivera and North American plates, 5 km landward of the proposed seamount. Its rupture area encompasses the entire area of the seamount. We infer that the Oct. 9 event was initiated by dewatering of the sediments entrained along the megathrust between the RP and NAP, the expelled water rising to the seafloor via faults/fractures formed in the crust by seamount subduction where they are vented. The 18 June 1932 Ms 7.8 Manzanillo event may have been similarly initiated. If so, then a cyclical buildup and expulsion of water within the entrained sediments along the megathrust may be the mechanism producing the repeating large to great earthquakes in this area. If our inference is correct, then the flow rate in the vents can be used as a proxy for the hydrostatic pressure present along the megathrust contact below the dome, and hence as a proxy for the degree of inter-plate coupling. Thus, in theory it is possible to monitor the changes in the degree of inter-plate coupling by measuring the changes in the rate of flow within the seafloor vents, and one might be able to predict the occurrence of the next great EQ in the area offshore of Manzanillo by simply monitoring the flow rate within these vents. Major funding for ship time for the two campaigns was provided by CABO, UNAM. Funding was also provided by DGAPA grants IN115513 and IN104707.

SE12-9

## TIDE GAUGE REVEALS LARGE SUBDUCTION SLOW SLIP EVENTS IN GUERRERO

Kostoglodov Vladimir<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Ito Yoshihiro<sup>2</sup> y Kazachkina Ekaterina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica UNAM

<sup>2</sup>Disaster Prevention Research Institute Kyoto University Kyoto, Japan  
vladi@unam.mx

In the first half of 2018 coastal GPS stations within some ~70 km NE of Acapulco city (ACYA, COYU, CAYA, SJER) recorded about of ~2 cm uplift in the period from January to June of 2018, which is typical for the ongoing slow slip events (SSEs) in Guerrero. The same tendency of the coast uplift during this SSE can be noticed in the partially detided and smoothed Acapulco tide gauge (TG) recordings. Examining GPS daily time series at the stations far to the NE on the Guerrero coast (e.g., TCPN, SLSP, PAPA, UTCG and ZIHP), the coastal uplift was very small, within the uncertainty estimates. This means that the tide gauge in Zihuatanejo should not suffer an uplift from the 2018 SSE. This observation permits us to use the Zihuatanejo TG as a reference to additionally 'denoise' the TG record in Acapulco. A comparison of smoothed and averaged GPS time series with the differential TG record in Acapulco shows for first time that it is possible to use TG registers to reveal large subduction SSEs. This observation is very important for a discovery of historic, pre-GPS SSEs when the earlier TG registers would be available. An example of such episode may be a very large SSE, which has occurred in 1972 in Guerrero and recorded by the TG in Acapulco. New data acquired by the ocean bottom pressure stations (OBP) deployed offshore of Guerrero coast (SATREPS Mexico-Japanese project) may contribute significantly to the search for future SSEs.

SE12-10

## NEW INTERPLATE SLIP INVERSION METHODOLOGY UNDER A CONSTRAINED OPTIMIZATION FRAMEWORK

Tago Josué<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>2</sup>, Villafuerte Carlos<sup>3</sup>, Nishimura Takuya<sup>4</sup> y Kostoglodov Vladimir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Disaster Prevention Research Institute, KU  
josue.tago@gmail.com

SATREPS project is a Japanese-Mexican research project (2016-2021) that looks to mitigate the risk due to earthquakes and tsunamis in the Pacific coast of Mexico. In order to do so, a large multi-disciplinary group of scientists are working together to estimate the hazard, evaluate the risk and communicate its results to the society. In order to estimate the earthquakes hazard, a dense geodetic network has been installed along the Pacific Coast, with careful attention to the so-called Guerrero Gap where periodic slow events occur. The data recorded through the SATREPS project has extremely valuable information about the complex dynamics of the Mexican Pacific trench. This was the main motivation to develop a new strategy to invert the slip at the plate interface to further analyze the slow slip events and the seismic coupling for hazard assessment purposes. Our inversion strategy is formulated as a constrained optimization problem with spatial and smoothing constraints, through Tikhonov regularization terms and spatial correlation functions, respectively. The Tikhonov terms penalize slip in certain regions of the interface and the spatial correlation is done with a Von Karman function which allow us to control the wavenumber along and parallel to the trench of the slip inverted. The Lagrangian total derivative computation is simplified with the adjoint method. This strategy is currently used by our group to study the interaction between slow and subduction earthquakes.

SE12-11

## SHORT-TERM CROSSTALK BETWEEN SILENT AND DEVASTATING EARTHQUAKES IN MEXICO

Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Tago Josué<sup>2</sup>, Villafuerte Carlos<sup>1</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>1</sup>, Real Jorge<sup>3</sup>, Ito Yoshihiro<sup>4</sup>, Wei Meng<sup>5</sup>, Franco Sara<sup>1</sup>, Nishimura Takuya<sup>4</sup>, Kaneko Yoshihiro<sup>5</sup>, Liu Yajing<sup>6</sup>, Shibazaki Bunichiro<sup>7</sup>, Kazachkina Ekaterina<sup>1</sup> y Santoyo Miguel A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>3</sup>DPRI, Kyoto, Japan

<sup>4</sup>University of Rhode Island, USA

<sup>5</sup>East Coast Lab, GNS Science, NZ

<sup>6</sup>DEPS, McGill University, USA

<sup>7</sup>Building Research Institute, Japan  
cruz@geofisica.unam.mx

Triggering of large earthquakes in a fault hosting aseismic slip or, conversely, triggering of slow slip events by passing seismic waves from a distance earthquake involve seismological questions with major hazard implications. Only few observations of one kind or the other plausibly suggest that such causal interactions actually happen in nature. In this study we show that three recent devastating earthquakes in Mexico, which killed 480 people and caused losses for more than 1,600 million dollars in five months, are likely related with slow earthquakes describing a cascade of events interacting with each other on a regional scale via quasi-static and/or dynamic perturbations. In particular, we show that the 2017-2018 earthquake sequence in central Mexico (i.e. Mw8.2 of September 8, 2017; Mw7.1 of September 19, 2017; and Mw7.2 of February 16, 2018), two of them intraslab events, can be explained as a cascade of events causally related with slow slip transients in the plate interface, in the states of Guerrero and Oaxaca, that preceded or succeeded their ruptures. By means of newly developed and powerful methods, we analyze continuous nationwide geodetic and seismological data (i.e. GNSS and strong motion records) for (1) imaging the temporal evolution of aseismic slip and interseismic coupling in a period including and spanning beyond the 5 months where the three earthquakes occurred; (2) imaging the evolution of Coulomb failure stresses in the plate interface and the seismogenic faults; (3) estimating the dynamic stresses and strains at the interface produced by the seismic waves of the events; and (4) modeling possible rate and state frictional mechanisms, constrained by the observations, capable to explain some of the interactions where slow slip transients took place. Our results imply that seismic hazard in large populated areas is a short-term evolving function subject to seismo-tectonic processes often observable.

SE12-12

## SISMO LENTO EN GUERRERO Y MICHOACÁN, MÉXICO (2018-2019)

Franco Sanchez Sara Ivonne<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Iglesias Artuto<sup>1</sup>, Singh Shri K.<sup>1</sup>, Tago Josué<sup>2</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>2</sup>, Real Jorge<sup>1</sup>, Villafuerte Carlos<sup>3</sup> y Ito Yoshihiro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNAM, IGEG

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería UNAM

<sup>3</sup>Posgrado Ciencias de la Tierra UNAM

<sup>4</sup>Disaster Prevention Research Institute Kyoto University  
ivonne@igeofisica.unam.mx

Gracias al procesamiento sistemático de datos GPS en el laboratorio LaGeoS del Instituto de Geofísica de la UNAM (<http://lageos.geofisica.unam.mx>), a finales del 2018 se detectó el inicio de un deslizamiento asísmico (SSE, por sus siglas en inglés) de gran magnitud en la zona de subducción Mexicana. A diferencia de otros SSEs registrados en México, la deformación producidas por este evento es visible en los estados de Guerrero y Michoacán, extendiéndose hasta la frontera del estado de Colima. Cinco meses después de su inicio en la estación GPS ubicada en Zihuatanejo, Guerrero, la deformación del SSE es clara al este, como en la estación CAYA (Costa Grande Guerrero), localizada en el centro de la Brecha Sísmica de Guerrero. En este trabajo se presentan las primeras observaciones de dicho evento registradas en estaciones del SSN (Servicio Sismológico Nacional), TLALOCNet y del proyecto de colaboración con Japón SATREPS. Asimismo, presentaremos distribuciones del deslizamiento en la interfaz de placas determinadas a partir de una método de inversión basado en la formulación adjunta de las ecuación elastoestáticas, recientemente desarrollado en la UNAM.

SE12-13

## RECOVERING TECTONIC SIGNALS FROM OCEAN BOTTOM PRESSURE MEASUREMENTS IN THE GUERRERO SEISMIC GAP

Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>2</sup>, Ito Yoshihiro<sup>3</sup>, Soliman García Emmanuel<sup>1</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>4</sup>, Real Jorge<sup>5</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>1</sup> y Osorio Tai Ma. Elena<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Kyoto University

<sup>4</sup>Facultad de ciencias, UNAM

<sup>5</sup>Facultad de ingeniería, UNAM

jzavala@atmosfera.unam.mx

Subduction of the Cocos plate underneath the North America plate continuously deforms the Earth's crust. Depending on the seismic coupling and episodic slow slip events at the plate interface such deformation evolves with time. The seismic gap of Guerrero is one of the most intriguing segments of the Mexican subduction zone because there, the strain pattern of the upper plate seems to be different from the adjacent, seismogenic segments. In November 2017, we deployed seven ocean bottom pressure sensors (OBPs) in both, the incoming and upper plates, by means of the R/V El Puma from UNAM in order to quantify the vertical deformation of the continent. However, hydrostatic pressure of the water column is subject to different effects related to atmospheric and oceanic phenomena. Among the oceanic effects, the most significant at the sea bottom are likely due to barotropic and baroclinic flows. In this work we present our first attempt to correct the pressure data from those effects and thus recover pressure variation associated with tectonic signals using a hindcast of the ocean using a numerical model the Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM), the Weather Research and Forecasting Model for the atmospheric pressure, and atmospheric pressure measurements from Acapulco.

SE12-14

## TIME SCALES OF OCEAN BOTTOM PRESSURE VARIABILITY FROM NUMERICAL SIMULATIONS AND SATELLITE OBSERVATIONS OVER A SEAFLOOR SEISMOGEODETTIC ARRAY IN THE GUERRERO SEISMIC GAP

García Emmanuel Soliman<sup>1</sup>, Ito Yoshihiro<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>2</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>3</sup>, Real Jorge<sup>4</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>1</sup>, Osorio Tai Ma. Elena<sup>2</sup> y Inoue Tomohiro<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kyoto University

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

garcia.soliman.2x@kyoto-u.ac.jp

Ocean bottom pressure gauges can measure changes in pressure due to oceanic processes in the overlying water layer as well as vertical deformation of the seafloor. For example, the change in equivalent water level due to uplift or subsidence during a slow slip event (SSE) can be similar in amplitude to fluctuations caused only by ocean circulation, in addition to occur in similar time scales. Analysis of the instrumental pressure record at a single site may not allow for a straightforward separation between signals of tectonic and oceanic origin. However, if multiple seafloor instruments are deployed in an array, and the assumption is made that the signals from ocean circulation are spatially correlated over all time scales, then differencing the pressure records between a pair of sites could lead to an estimate of

the relative vertical motion between their locations. We investigated the validity of this assumption across various time scales from a 2-day long period up to the monthly period by analyzing multi-year time series of simulated ocean bottom pressure (OBP) and sea surface height (SSH) extracted from a model provided by the Estimating the Circulation & Climate of the Ocean (ECCO) project. The ECCO simulation computes numerical solutions for oceanic circulation across a global domain while assimilating satellite and in-situ observations of sea surface height, temperature, and salinity. In particular, we used the ECCO2 version of the model which has a resolution high enough to reproduce mesoscale eddy behavior. The cross-spectra between SSH and OBP can be used to infer the relative significance of the depth-independent and depth-dependent components of the modeled ocean circulation. We applied this technique to selected model grid points surrounding the current locations of a seafloor seismo-geodetic array off the coast of Guerrero, Mexico. One goal of the ocean bottom pressure recorders that were deployed as part of the array is to measure if there is any offshore deformation on the continental margin along the Guerrero Seismic Gap due to recurring SSEs at the convergent plate interface. These SSEs typically last for several weeks. In general, the admittance between SSH and OBP is low at all periods up to a month (with values generally less than 0.5) across the array locations, suggesting that depth-dependent variations in flow induced by baroclinic effects are significant within the study area. The SSH-OBP transfer functions for shallow points at depths < 1 km have a flat admittance curve, but at increasing depths, a peak in the admittance at 3 days becomes more prominent. Our preliminary results indicate that a numerical model which only solves for the barotropic component of ocean circulation would not predict the majority of the seafloor pressure variability in the vicinity of the Guerrero Seismic Gap. Further work will involve the analysis of data products from the Gravity Recovery and Climate Experiment satellite to examine variations in OBP signals at the intraseasonal to seasonal time periods which may be related to water flux from onshore regions.

SE12-15

### PICTURES OF THE COCOS PLATE USING ENHANCED SEISMIC TOMOGRAPHY. EPISODE I. THE STRUCTURE OF THE GUERRERO GAP ZONE

Calò Marco  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
calo@geofisica.unam.mx

A detailed knowledge about the geometry and structure of subduction zones are of fundamental importance to set up reliable assessment tsunami models. Furthermore, the lithospheric pattern plays an important role on the radiation of the energy released, earthquake nucleation and stress recharge. Guerrero coast is one of the Mexican regions where an earthquake with a great tsunamigenic potential can potentially occur in the next future. Several studies showed some features of fundamental importance for the understanding of the nucleation of potential great earthquakes. However most of the models proposed for this region are based on the assumption that the lateral extension of the subduction pattern is almost constant along most of the strike of the trench, i.e. the geometry of the Cocos plate and of the overlaid Mexican lithosphere are almost reduced to a 2D structure perpendicular to the trench. In this work the first 3D high resolution seismic velocity models of the P and S waves of the Cocos subduction zone along the Guerrero trench is presented. Enhanced Seismic tomography (EST) is applied to a dataset of almost 5000 seismic events occurred in Guerrero during the last twenty years and recorded by 27 stations deployed onshore by the Mexican National Seismological Service (SSN). EST uses the double difference tomography method (Zhang and Thurber, 2003) complemented with the Weighted Average Models post-processing (WAM, Calò et al., 2013). Data and method allowed to resolve bodies of at least 15x15x5 km<sup>3</sup> down to about 60-80 km of depth. Results show how complex is the region and new features of the Cocos plate and surrounding that could have strong implications on the genesis of earthquakes with a tsunamigenic potential.

SE12-16

### SCALING OF PEAK GROUND DISPLACEMENT WITH SEISMIC MOMENT ABOVE THE MEXICAN SUBDUCTION THRUST

Singh Shri K.<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>1</sup>, Ordaz Mario<sup>2</sup>, Iglesias Arturo<sup>1</sup> y Kostoglodov Vladimir<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
krishnamex@yahoo.com

We use accelerograms, seismograms, and data from sparse continuous GPS (cGPS) and campaign-mode GPS stations, deployed along the Pacific coast of Mexico, to study the scaling of peak horizontal ground displacement (PGD) with seismic moment ( $M_0$ ) in the epicentral zone above the Mexican subduction thrust interface. We define  $PGD = (U_n^2 + U_e^2)^{1/2}$ , where  $U_n$  and  $U_e$  are peak-to-peak maximum displacements on NS and EW components, respectively. The thrust interface is located at a depth of ~ 25 km below the coast. We select recordings with (S - P) time # 5.9 s and reduce the amplitudes to (S - P) time of 3.2 s by assuming 1/R geometrical spreading. The dataset consists of 58 events (78 recordings) and covers a  $M_0$  range of  $10^{13}$  -  $10^{21}$  Nm. We find that the double integration of accelerograms, using piece-wise linear detrending schemes, leads to reasonably

accurate estimation of PGD even though the static displacement may not be reliably retrieved. The sparse data for great earthquakes is complemented with theoretical static PGD computed using Okada's (1992) model. For earthquakes with  $M_0 \# 1.26 \times 10^{18}$  Nm ( $M_w \# 6.0$ ) the point-source, far-field approximation holds and the PGD data follows theoretically expected  $M_0^{2/3}$  scaling. For great earthquakes ( $M_0 > 1.26 \times 10^{21}$  N-m;  $M_w > 8.0$ ), static PGD ( $\# PGD$ ) scales as  $M_0^{1/3}$ . For a given  $M_0$ , about two-thirds of the observed PGD values are within 1.5 and 1/1.5 times and nearly all are within 2 and 1/2 times the relations given above. This relationship can be useful in earthquake engineering as well as for rapid estimation of magnitude for early tsunami alert.

SE12-17

### A SEISMO-GEODETIC NETWORK TO MONITOR THE GUERRERO SEISMIC GAP: FIRST RESULT

Suárez Gerardo, Kostoglodov Vladimir, Santiago José Antonio y Aguilar Sergio  
Instituto de Geofísica, UNAM  
gersua@yahoo.com

A project was initiated to instrument the Guerrero gap in its broadest concept, covering the whole state of Guerrero, from the border with the state of Oaxaca, to the southeast, to the northwestern end of the state, near the city of Zihuatanejo. The objective of the project is to provide real time strong motion and displacement data to both scientists and civil protection officials. The purpose of the network is to collect information about ground displacement and acceleration along the coast of the state of Guerrero in real time, with a sampling rate of at least 200 samples per second of acceleration and 0.1 Hz of displacement data. The GNSS data is corrected in real time using the RTX Trimble corrections. In addition, a predictive algorithm based on a Kalman filter is used to estimate a second correction of the displacement data. The instruments are programmed to transmit also the binary files GNSS file, where further processing is required for specific purposes, such as location and characterization of slow earthquakes. The seismic instruments are high-resolution, forced balanced accelerographs. The project calls for the installation of 15 seismo-geodetic instruments, Kestrel SG 160-09. An interstation spacing of 20 to 25 km on average was accomplished in the site selection process. The instruments will be connected in real time using a variety of communication means to insure the reliable and timely delivery of data. To date, we have selected the sites for 12 of these stations and the construction is on its way for several of the sites selected. The objective of the project is to use this real time acceleration and displacement data to issue tsunami and seismic alerts, based on the length of the fault and to estimate the moment magnitude immediately after the occurrence of a large or great earthquake. Also, it is expected that the seismo-geodetic network will provide information about the degree of coupling and the evolution of the seismic and geodetic behavior of the Guerrero gap. Together with the data of the Mexican Seismological Service (SSN), SATREPS and the Seismic Early Warning System (SASMEX), the information gleaned from the array will enhance our knowledge of the Guerrero gap and to provide crucial information to the competent authorities. We are currently testing the accuracy of the displacement data. With the corrections mentioned above, it is expected to have an average error in displacement of  $\pm 1.5$  cm. The project also considers complementing the real time geodetic information with routine InSAR analyses.

SE12-18

### BROADBAND STRONG GROUND MOTIONS IN THE MEXICAN PACIFIC COAST AND IN THE VALLEY OF MEXICO ASSOCIATED WITH LARGE SUBDUCTION EARTHQUAKES IN THE GUERRERO SEISMIC GAP

Villafuerte Carlos<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Tago Josué<sup>2</sup>, Pulido Nelson<sup>3</sup>, Iwata Tomotaka<sup>4</sup>, Díaz Mojica John Jairo<sup>1</sup> y Singh Shri K.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM  
<sup>3</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)  
<sup>4</sup>Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University  
villafuerte.cd@gmail.com

We present recent results of the simulation of broadband strong ground motions in the Mexican Pacific coast and in the Valley of Mexico City (VM) associated with large subduction scenario earthquakes along the Guerrero subduction zone applying a hybrid approach. This procedure combines a deterministic viscoelastic simulation of ground motions at low frequencies (0.01– 1 Hz) by means of an hp-adaptive discontinuous Galerkin finite-element method (Tago et al., 2012; Cruz-Atienza et al., 2016) with a semistochastic simulation at high frequencies (1-10 Hz). The domain is discretized with a tetrahedral non-structured mesh considering a 3D tomographic model of the Guerrero subduction zone that incorporates the real topography and bathymetry, as well as the geometry of the plate interface. We build broadband wavenumber rupture scenarios based on the estimated inter-seismic coupling that integrates small-scale stochastically-generated source heterogeneities to enhance the radiation of high frequencies following the methodology of Pulido et al. (2015). We set the kinematic source parameters (i.e., slip, rise time, peak time and rupture velocity) by means of a pseudo-dynamic rupture generator that considers the 1-point and 2-point statistics of each source parameter as well as their spatial interdependency extracted from dynamic rupture simulations. We validate

our rupture model generator comparing different ground-motion metrics from two moderate-size earthquakes in the region with the median of the corresponding synthetics obtained from several rupture scenarios for each event. To assess the seismic hazard along the Mexican Pacific coast we compute the strong motions for a set of scenario earthquakes and estimate the average durations, peak ground accelerations, peak ground velocities and response spectra maps. For the estimation of the strong motion response of the VM we compute an ensemble of broadband seismograms to a reference hill zone station outside the basin (Ciudad Universitaria) and then employ pre-computed spectral ratios relative to this station for different lake-bed sites within the basin.

SE12-19

### GROUND MOTIONS PREDICTION FOR HAZARD ASSESSMENT IN THE VALLEY OF MEXICO ASSOCIATED WITH EARTHQUAKES IN THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT

Díaz Mojica John Jairo<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup>, Tago Josué<sup>2</sup>, Villafuerte Carlos<sup>3</sup>, Lacan Pierre<sup>3</sup> y Pulido Nelson<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>4</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)  
eljonjairo@gmail.com

The Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) is an active mountain chain being deformed by an intra-arc extensional stress regime with numerous active faults. Although a few significant shallow earthquakes ( $M \geq 6.5$ ) have originated in the TMVB, the background seismicity is very low. As a consequence, the available seismic hazard studies are mainly based in the instrumental seismicity catalog of small to moderate events and historical studies (García-Acosta and Suárez-Reynoso, 1996). One emblematic example of potentially risky events is the Acambay ( $M_s=6.9$ ) normal-faulting earthquake, occurred in 1912 about 100 km northwest from Mexico City. To improve the seismic hazard assessment for such rare events, we propose the simulation of several realistic scenario earthquakes in 3D within the central part of Mexico by means of a hp-discontinuous Galerkin finite element method (DG-FEM) that handles both unstructured domain decomposition (h-adaptivity) and different approximation orders per element in space (p-adaptivity) (DGCrack, Tago et al., 2012). It solves the velocity-stress formulation of the visco-elastodynamic equations in three dimensions with rock quality factors,  $Q_s$  and  $Q_p$ , chosen to be nearly constant in the frequency range of interest. We present results of the tetrahedral meshing of the Central part of Mexico, incorporating the real topography, a regional 3D tomographic velocity model, a ~2 km thick layer of low velocity associated to the TMVB, a 3D basin model for the Valley of Mexico (Cruz-Atienza et al., 2016) and both, planar and non-planar fault-system models of the Acambay-Tixmadejé graben. We build broadband kinematic rupture scenarios following the methodology proposed by Pulido et al. (2015) and Villafuerte et al. (2019). The simulations of the strong motions are generated in the reference hardrock station CU up to 1 Hz, then the estimation of PGA, PGV and spectral responses throughout the Valley of Mexico is estimated using response spectral ratios (Rosenblueth and Arciniaga, 1992; Reyes, 1999).

SE12-20

### EFFECTOS GEOLÓGICOS ASOCIADOS AL SISMO DE SEPTIEMBRE DE 2017, EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO

Morales Barrera Wendy Vanesa, Rodríguez Elizarrarás Sergio Raúl y Centeno-García Elena  
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, IG, UNAM  
moralesw@geologia.unam.mx

Los sismos constituyen un efectivo agente desencadenante de otros fenómenos geológicos tales como: tsunamis, inestabilidad de laderas, licuación, grietas, colapso de cavernas, cambios hidrológicos o la reactivación de fallas; los cuales en ocasiones llegan a ser más peligrosos para la población y la infraestructura. Por ello, es fundamental determinar las características de estos y las distancias de ocurrencia en función de la magnitud de los sismos. El pasado 19 de septiembre de 2017, se registró un sismo de magnitud Mw 7.1 con epicentro al sureste de Aoxchiapan, Morelos y a 120 km de la Ciudad de México con una profundidad de 57 km; este registró aceleraciones de hasta 150 cm/s<sup>2</sup>, en zonas cercanas al epicentro. El fenómeno sismo-inducido más abundante, fue la inestabilidad de laderas afectando los municipios de Tetela del Volcán, Tlayacapan, Jiutepec, Tepoztlán, entre otros. Le sigue la alteración de las aguas subterráneas, lo cual trajo como consecuencia el aumento y disminución de la conductividad hidráulica, cambios en la temperatura, color y química de 8 de los principales manantiales del estado (Agua Hedionda, San Ramón, Palo Bolero, Las Fuentes, Itzamatlán, Las Tortugas, Las Estacas y Agua azul). En el caso de Palo Bolero y Agua Hedionda, prácticamente desaparecieron, mientras que las Estacas y el manantial de Oaxtepec, aumentaron su caudal. Es importante señalar que estos manantiales son la principal fuente de aporte de agua para los balnearios de la región. En el caso de las aguas superficiales la Laguna Coatetelco, aumentó su nivel. También fueron detectados fenómenos de licuefacción en el municipio de Jojutla; aunado a la formación de grietas en el

terreno por pérdida de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, afectando principalmente la infraestructura carretera. Asimismo, se presume un incremento de la sismicidad en la región. No parece discutible que este terremoto ha sido sin duda uno de los mayores desastres para Morelos, con 74 víctimas mortales y 190 lesionados e innumerables daños a su infraestructura. Si no además, los efectos sísmo-geológicos que indujo y sus consecuencias socio-ambientales.

SE12-21

### A COMPARISON BETWEEN TUNAMI AND GEOCLAW FOR TSUNAMI MODELING IN THE PACIFIC COAST OF MEXICO

Gómez Ramos Octavio<sup>1</sup>, Miyashita Takuya<sup>2</sup>, Mori Nobuhito<sup>3</sup>,  
Zavala Hidalgo Jorge<sup>4</sup>, Cruz Atienza Víctor Manuel<sup>1</sup> y Ito Yoshihiro<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Graduate School of Engineering, Kyoto University

<sup>3</sup>Disaster Prevention Research Institute (DPRI), Kyoto University

<sup>4</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
octavio@geofisica.unam.mx

In this work, a comparison was made between different tsunami models: TUNAMI (Tohoku University's numerical analysis model for the investigation) and Clawpack/GeoClaw (Conservation Laws Package). The TUNAMI model (Imamura, 1996) solve non-linear shallow water equations by Goto et al. (1997) using a leap-frog staggered-grid finite difference scheme (Mori et al., 2017). GeoClaw (LeVeque et al., 2011) solves the two-dimensional non-linear shallow water equations with finite volumes. It uses adaptive mesh refinement so that regions of larger complexity are automatically refined to higher discretization levels. The comparison was carried out simulating a hypothetical earthquake in the Pacific Ocean, near the Guerrero area. Nine different magnitudes were simulated, which varied from Mw 7.8 to 8.6. The deformation due to fault rupture was computed using Okada (1985), and Tanioka and Satake (1996) equations. The same bathymetry data were used for both models, which cover the Guerrero region with a resolution ranging from 30 to 810 m. Both models were configured to use a x, y coordinate system. The duration of each simulation was set to 3 hr, and no tidal variation was taken into account. In order to assess whether a flat (horizontal) solid-earth surface is a good enough approximation to quantify the ocean bottom deformation produced by large tsunamigenic earthquakes, we have also compared simulation results from Okada predictions with those produced considering the real bathymetry of the Guerrero seismic gap using a 3D discontinuous Galerkin finite-element approach to obtain the static field. The maximum height in the entire domain and along the coast were compared. References Goto, C., Ogawa, Y., Shuto, N., & Imamura, F. (1992). Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme. Translated for the TIME project by N Shuto. Imamura, F. (1996). Review of tsunami simulation with a finite difference method. Long-wave runup models, 25-42. LeVeque, R. J., George, D. L., & Berger, M. J. (2011). Tsunami modelling with adaptively refined finite volume methods. Acta Numerica, 20, 211-289. Mori, N., Muhammad, A., Goda, K., Yasuda, T., & Ruiz-Angulo, A. (2017). Probabilistic tsunami hazard analysis of the Pacific coast of Mexico: Case study based on the 1995 Colima earthquake tsunami. Frontiers in built environment, 3, 34. Okada, Y. (1985). Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bulletin of the seismological society of America, 75(4), 1135-1154. Tanioka, Y., & Satake, K. (1996). Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom. Geophysical Research Letters, 23(8), 861-864.

SE12-22

### NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI RUN-UPS IN THE PACIFIC COAST OF MEXICO BASED ON NON-UNIFORM $K^{-2}$ SLIP DISTRIBUTIONS

Vazquez Luis<sup>1</sup>, Riquelme Sebastian<sup>2</sup> y Melgar Diego<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Southern California, USC

<sup>2</sup>Universidad de Chile

<sup>3</sup>University of Oregon

luisalbe@usc.edu

Two seismic gaps along the Pacific Coast of Mexico in Colima-Jalisco (JGap), and Guerrero (GGap) were identified. Based on historical seismicity and the National Seismological Service in Mexico's earthquakes catalog, the last major earthquake in Colima-Jalisco Gap struck in 1932 with Mw 8.2. In 1995 a Mw 8.0 event occurred on the southernmost portion of the 1932 rupture area. However, a large portion of the rupture area still remains unbroken. Similarly, there has not been significant seismic activity in Guerrero gap for over fifty years; therefore, a major event is possible here. In addition to the current seismic experiments that will help to better understand this seismic gap, along with its tsunamigenic, and seismogenic potentials, there is an urgent need to study this region with all the techniques we have, given that the GGap stands for a potential threat to Acapulco city and other coastal communities. To better understand the tsunami hazards that the Mexican population is vulnerable to from the generation of near-field tsunamis, as a case study, we characterize two Mw 8.2 earthquakes in the two proposed gaps. Based on the physics of earthquakes, stochastic  $K^{-2}$  finite fault slip distributions taking into account the non-planar geometry of the megathrust for each rupture area were generated. We computed the vertical co-seismic displacements by adding up the contribution from all point sources distributed over a gridded mesh on each of the faults. By transmitting

the static vertical displacement field to the water free surface, we simulated the tsunami wave-field propagation. The numerical results show a maximum peak-run-up of approximately 10-12 m, and 8-10 m, in Jalisco, and Guerrero gaps, respectively. The mean run-up for GGap and JGap varies along different longitudes from 2 m to 5 m, and from 2 m to 9 m, respectively. Borrero et al. (1997) and Trejo-Gómez et al. (2015) reported run-ups ranging from 1 to 5 m for the 1995 Jalisco-Colima Mw 8.0 Earthquake, with a maximum peak run-up of 10.8 m. Ramírez-Herrera et al. (2015) reported historical run-up measurements ranging from 0.2 to 11m in Zihuatanejo, Acapulco and Ixtapa. We consider our results to be congruent with these run-up ranges.

SE12-23

### FUSION OF EVACUATION DRILL WITH TSUNAMI INUNDATION SIMULATION -DEVELOPMENT AND EFFECT OF THE TSUNAMI EDUCATIONAL MATERIAL-

Nakano Genta<sup>1</sup>, Yamori Katsuya<sup>1</sup>, Miyashita Takuya<sup>1</sup>,  
Urta Luisa<sup>2</sup>, Mas Erick<sup>2</sup> y Koshimura Shunichi<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kyoto University  
<sup>2</sup>Tohoku University  
nakano.genta.8n@kyoto-u.ac.jp

1. Concept of the educational material: four-screen tsunami evacuation drill movie clip The study introduces the process of development of tsunami educational material called "four-screen tsunami evacuation drill movie clip" (hereafter "four-screen movie clip") and its practical educational effect for formulating the evacuation strategy by school teachers. "Four-screen movie clip" divides one screen into four screens. Each screen displays 1) evacuation drill movie clip showing entire students evacuating (lower right screen), 2) movie clip which focuses on one specific student of the same evacuation drill (upper left screen), 3) the utterance of the specific student during the evacuation drill and, 4) tsunami inundation simulation movie clip with the location of evacuees (students) of the drill (upper right screen). Thus, the material is designed to display both human behavioral aspect and natural phenomenal aspect simultaneously. 2. The development of the material at Zihuatanejo, Mexico The development of "four-screen movie clip" targeted for Vicente Guerrero primary school in Zihuatanejo de Azueta municipality, Guerrero state, Mexico. The location of the school is only 30 meters from the shoreline facing the Pacific Ocean. First author has conducted series of tsunami education for the school teachers and collaboratively implemented the tsunami evacuation drill on March 25, 2017. Thus, all the process of the drill was recorded. Tsunami inundation simulation was developed by T. Miyashita and IRIDeS – Tohoku University. The simulation was made based on the probabilistic tsunami hazard analysis/assessment (PTHA) with 1995 Jalisco-Colima earthquake source model (see details Mori et al, 2017). Topographical data (spatial resolution=5m) and bathymetry data (average spacing=900m) were applied to simulate probabilistically the worst tsunami inundation case in Zihuatanejo. Based on them, following three different scenarios of "four-screen movie clip" were prepared. First one is the scenario that evacuation behavior is taken at the time of tsunami propagation start, which students can successfully evacuate to the safe zone. Second one delays 6 minutes to start the evacuation behavior from first scenario, which latter half of the students can be caught by tsunami, and third one delays 13 minutes to start the behavior from first scenario, which tsunami arrives at the shoreline before students start the evacuation. 3. Application of the material First author organized a workshop for Vicente Guerrero school teachers with the aim of sharing developed "four-screen movie clip" and discussing the evacuation strategy. Results of the discussion can be summarized as follow. While teachers make best effort to start the evacuation quickly towards the designated higher place, a teacher who guide the trajectory of evacuation is responsible for measuring the elapsed time since the earthquake. If the teacher judged insufficient time left to reach the designated area, the teacher changes to the vertical evacuation nearby building. Besides, in case of the third scenario, teachers guide students to second floor of school building. This research is supported by "The Project for Hazard Assessment of Large Earthquakes and Tsunamis in the Mexican Pacific Coast for Disaster Mitigation" (JPMJSA1510)

SE12-24

### TOMA DE DECISIONES PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO Y DE TSUNAMIS EN ZIHUATANEJO

Ponce Pacheco Ana Bertha<sup>1</sup>, Novelo Casanova David Alberto<sup>2</sup> y Nishijima Kazuyoshi<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>3</sup>Universidad de Kioto  
riesgos2014@gmail.com

El objetivo primordial de la evaluación del riesgo es salvaguardar la vida y los bienes mediante la toma de decisiones que permita reducir la vulnerabilidad de los habitantes y con ello el riesgo de sufrir daños. Sin embargo, ¿En base a qué tomar decisiones? ¿Cómo decidir en qué estructuras invertir o qué acciones tomar?. La evaluación del riesgo se hace en función de escenarios probables que permitan la toma de decisiones. Sin embargo, estos escenarios no dejan de ser inciertos, y por lo tanto la toma de decisiones se hace en función incertidumbres. ¿Cómo reducir la incertidumbre y optimizar la toma de decisiones y con ello los recursos invertidos? ¿cuáles son las decisiones que pueden generar menos pérdidas con la

menor inversión posible? ¿En qué estructuras vale la pena invertir y reforzar?. Son algunas de las preguntas a las que se pretende dar respuesta considerando la teoría de la toma de decisiones. La metodología versa en un problema de decisión basado en probabilidades que permite optimizar entre un número infinito de escenarios conformados por las probabilidades de ocurrencia de fenómenos detonantes y las probables respuesta de la infraestructura de la zona. El modelo considera la generación de escenarios de riesgo en la ciudad de Zihuatanejo, Guerrero, y su respuesta ante el riesgo sísmico y de tsunamis. Se generan curvas de vulnerabilidad que modulan el comportamiento de las estructuras ante los posibles escenarios de peligro y las rutas de evacuación derivadas de los modelos de vulnerabilidad. Al tomarse en cuenta las rutas de evacuación, el modelo considera los aspectos psicológicos. No obstante no debe descartarse que la metodología contempla la respuesta estructural asociada a curvas de vulnerabilidad. Proyecto desarrollado como parte del proyecto SATREPS, entre la Universidad de Kioto y la UNAM.

SE12-25 CARTEL

### ESCENARIOS DEL TSUNAMI ORIGINADO POR EL SISMO DE SAN SIXTO DE 1787 (~M8.6)

Vázquez Caamal Miriam Lizzeth<sup>1</sup>, Melgar Diego<sup>2</sup> y Solano Ericka Alinne<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad del Mar  
<sup>2</sup>University of Oregon  
mirilzsuju03@gmail.com

Los tsunamis originados por sismos son fenómenos naturales vinculados a peligros latentes en la costa del Pacífico sur mexicano. Los sismos cercanos a la trinchera de falla inversa, son por lo general, generadores de tsunamis. A nivel mundial, se tienen ejemplos recientes de sismos que causaron tsunamis, como el del 26 de diciembre de 2004 (Sumatra, Indonesia, Mw 9.2), el del 26 de febrero de 2010 (Maule, Chile, Mw 8.8), y el del 11 de marzo de 2011 (Tohoku-oki, Japón, Mw 9.0). Uno de los sismos más grandes de los que se tiene evidencia en la costa del Pacífico mexicano, ocurrió en 1787. El sismo de San Sixto ocurrió el 28 de marzo de ese año, con magnitud aproximada de 8.6, ocasionó un tsunami que llegó aproximadamente 6 km tierra adentro en zonas como la laguna de Corralero (cercana a Pinotepa Nacional), causando daños a poblaciones desde Ometepec hasta el Istmo de Tehuantepec. El peligro de tsunamis es latente y no se han enfocado esfuerzos en la evaluación del peligro a nivel regional donde es posible que muchas de las pérdidas no provengan del embate directo de las olas sobre la infraestructura y la población, sino por la inundación constante impulsada por una fuerte corriente de agua marina tierra adentro. En este trabajo se estudia el tsunami provocado por dicho sismo. Mediante el ingreso de modelos estocásticos de fuente sísmica de falla finita se hacen simulaciones de tsunamis usando el software Geoclaw (LeVeque et al., 2011). Los resultados obtenidos enfatizan las zonas inundables de la costa de Oaxaca para un sismo de características similares al de 1787 que proveerán información adicional al mapa de peligro de tsunamis de la costa de Oaxaca.

Sesión especial

# **2017 MW 8.2 SISMO DE TEHUANTEPEC**

Organizadores:

Allen Husker

Aarón Velasco

Marco Calo

Xyoli Pérez-Campos

## SE13-1 PLÁTICA INVITADA

## THE SUBDUCTION ZONE IN THE ISTHMUS OF TEHUANTEPEC: A REGION AFFECTED BY THE COMPRESSIONAL STRESS INDUCED BY THE SUBDUCTION OF THE TEHUANTEPEC RIDGE

Suárez Gerardo y Aguilar Sergio  
*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 gersua@yahoo.com

The subduction zone in the Isthmus of Tehuantepec is apparently deeply affected by the subduction of the Tehuantepec Ridge. The Ridge appears to inhibit the subduction of the Cocos plate beneath North America, locking the interplate contact with the increased friction. In parts of this segment of the subduction zone, there is no evidence of a large thrust event in historical times. The 8 September 2017 earthquake broke the subducted slab beneath the subduction zone in an area where this long-standing seismic gap is located. This rupture has been interpreted as evidence of the slab pull of the downgoing plate. The trench and the coast are also deeply deformed and curved inland. This could be interpreted as caused by the horizontal compressive stress induced by the Tehuantepec Ridge. Further evidence of this compressive regime that appears to be prevalent in the Isthmus of Tehuantepec is the cluster of crustal earthquakes in the central and northern part of the Isthmus. The largest earthquake recorded here is the 26 June 1959 Jaltipan earthquake (Mw 6.4). More recently, two earthquakes took place in the southern continental margin of the Gulf of Mexico on 23 May 2007 (Mw 5.6) and 29 October 2009 (Mw 5.7). The depth of these earthquakes in the northern Isthmus of Tehuantepec occur at depths of about 20 to 25 km. To study this continental deformation in more detail we canvassed the records of the broad band stations of the Veracruz-Oaxaca Seismic Experiment (VEOX), which recorded for 18 months. Using an STA/LTA algorithm, 34 crustal earthquakes were screened. The hypocentral locations and focal mechanisms of the 7 best recorded earthquakes in the central and northern Isthmus have focal depths of between 20 to 58 km, suggesting the crust and the upper mantle in this region are being deformed. The focal mechanisms of these 7 earthquakes indicate reverse faulting with axes of maximum compression oriented horizontally in a northeast to southwest direction. We interpret this evidence of compressive deformation as a reflection of the compressive stress induced by the subduction of the Tehuantepec Ridge off-shore, locking the interplate contact. The locked interface causes a large gravitational pull of the subducted slab beneath the plate contact and induces also a regional compressive stress on the continental plate that deforms the North American crust and upper mantle.

## SE13-2 PLÁTICA INVITADA

## THE AFTERSHOCK SEQUENCE OF THE 8/SEP/2017 (M8.2) TEHUANTEPEC, MEXICO EARTHQUAKE: SOME RESULTS FROM SPATIAL AND TEMPORAL ANALYSES.

Santoyo García Galiano Miguel Angel  
*Instituto de Geofísica Campus Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México*  
 santoyo@igeofisica.unam.mx

The September 8, 2017 Tehuantepec, Mexico earthquake (M8.2) is one of the largest earthquakes occurred in Mexico since 1900, and one of the best recorded earthquakes during the instrumental period. This earthquake was produced by a large lithospheric rupture in the subducting Cocos plate, along the Tehuantepec segment of the Mexican Subduction Zone (MSZ). Among the recent large in-slab normal earthquakes occurred in Mexico, the aftershock seismicity rate of this earthquake has shown to be relatively high, especially in terms of the number of aftershocks. Four days after the main event (M<sub>ww</sub>=8.18), more than 1000 aftershocks were reported by the National Seismological Service of Mexico (SSN); after 30 days from the mainshock, the SSN reported almost 6000 aftershocks, and 150 days after the mainshock, a total of 15,350 aftershocks were reported. Today, almost 2 years after this great event, SSN has reported more than 28500 aftershocks and related seismicity. In this work we analyze some of the spatio-temporal characteristics of the aftershock activity of this earthquake. On one hand we performed a spatial relocation by means of a double difference method. From this analysis, different seismic clusters have been identified along the epicentral region, which are interpreted in terms of the tectonic context. On the other hand, we have made a temporal analysis of the aftershock rate-behavior by means of an ETAS model. In this case, the aftershock activity was analyzed in terms of different time intervals. The time behavior of seismicity is analyzed by means of the comparison of the results obtained for the different periods analyzed.

## SE13-3

## AFTERSHOCK LOCATIONS OF THE SEPTEMBER 2017 TEHUANTEPEC, MEXICO (M=8.2) EARTHQUAKE

Velasco Aaron, Karplus Marianne y Ayala Cortez Solymar  
*University of Texas at El Paso*  
 aavelasco@utep.edu

The September 7 Tehuantepec, Mexico (M8.2) and the September 19 Morelos-Puebla, Mexico (M7.1) occurred along the Middle American Trench (MAT),

a subduction zone, where the oceanic Cocos Plate subducts beneath the continental North American Plate (Figure 1). Both earthquakes caused significant damage and loss of life. We deployed 10 broadband seismometers near the epicenter of the Tehuantepec earthquake and 51 UTEP-owned nodes (5-Hz, 3-component geophones) to record aftershocks and augment temporary and permanent networks deployed by the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). The 10 broadband instruments were deployed in early Oct. 2017 for 6 months, while the nodes were deployed 25 days. Although offshore, the Tehuantepec epicentral region was azimuthally covered by an onshore deployment due to its geography, as well current stations run by the Servicio Sismológico Nacional (SSN) at the UNAM. Using data from our temporary network plus the UNAM permanent network, we build a database of automated detections and locations of the aftershocks, using detection and association parameters optimized for local seismic networks. We will manually check our results, plus compare our results with the SSN catalog. Our analysis will allow us to investigate fault geometries from the aftershock locations, and in the future, will allow for the analysis of stress release and orientation from the determination of fault plane solutions, plus site effects and characteristics in regions of extensive damage.

## SE13-4

## MATCHED FILTER APPLIED TO TRACK AFTERSHOKS FROM THE TEHUANTEPEC EARTHQUAKE

González Guillermo<sup>1</sup>, Husker Allen<sup>1</sup>, Velasco Aaron<sup>2</sup> y Márquez Isabel<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>University of Texas at El Paso  
 geomem.gg@gmail.com

An automatic matched filter search method was developed. It increased small event detection by 10 times when applied to the MARS (Mapping the Rivera Subduction Zone) network in the western part of Mexico. First spectral peaks are found and used as first order templates in a matched filter. The templates that result in multiple detections are kept as event families. The event families are small earthquakes, which are stacked in order allow the P and S phases to emerge. STA/LTA is used to find the P and S arrivals automatically. The stacks make them very clean and the arrivals are found to be very similar to human picks. They are then located via a grid search using theoretical travel times and with Hypoinverse. The method was applied to data from a temporary array that recorded aftershocks from the Tehuantepec Earthquake. Results are presented here.

## SE13-5

## GROUND MOTION ANALYSIS OF THE 2017 TEHUANTEPEC, MEXICO (M8.2) EARTHQUAKE FROM A TEMPORARY SEISMIC NETWORK IN JUCHITÁN DE ZARAGOZA, OAXACA

Ayala Cortez Solymar<sup>1</sup>, Velasco Aaron<sup>1</sup>, González Huizar Héctor<sup>1</sup> y Husker Allen<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>University of Texas at El Paso  
<sup>2</sup>UNAM, Mexico City, Mexico  
 sayalacortez@miners.utep.edu

The September 7, 2017 Tehuantepec, Mexico (M8.2) caused significant damage and loss of life. A National Science Foundation funded RAPID seismic network was deployed in collaboration between researchers at the University of Texas at El Paso, the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), and the Universidad Nacional Autónoma de Juárez to record aftershocks and augment permanent and temporary networks deployed by UNAM. Ten (10) broadband instruments were deployed in early Oct. 2017 for 6 months, while the 51 UTEP-owned Nodes (5-Hz, 3-component geophones) were also deployed in Oct. for 22 days. deployment focused on the Tehuantepec, Mexico (M8.2) earthquake. We focus on analyzing the Node deployment data to identify the site response and understand the differences in damage that occurred in the region. Specifically, we calculate resonance frequencies using Geopsy, a software commonly used for this purpose, and window the signals for 45 minutes of ambient noise. We then compute the spectral ratio H/V and the relative amplification of the site. With these results, we correlate damage with the local geology and the types of soils of Juchitan and its surroundings to observed damage. This study can help us determine potential damage from future, large earthquake in other vulnerable areas of Mexico, and allow for better mitigation strategies.

SE13-6

## WAS THE 2018 M=7.2 PINOTEPA NACIONAL EARTHQUAKE TRIGGERED BY THE 2017 M=8.2 TEHUANTEPEC EARTHQUAKE?

González Huizar Héctor<sup>1</sup>, Husker Allen<sup>2</sup>, Velasco Aaron<sup>3</sup>,  
Canitano Alexandre<sup>4</sup> y González Ortega Javier Alejandro<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada,  
Baja California (CICESE) y University of Texas at El Paso (UTEP)

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>University of Texas at El Paso

<sup>4</sup>Academia Sinica

<sup>5</sup>CICESE

hectorg@miners.utep.edu

In this work we present potential evidence of the influence of the September 2017, M=8.2 Tehuantepec earthquake in the occurrence of the February 2018, M=7.2 Pinotepa Nacional earthquake. We suggest that the seismic waves of the Tehuantepec earthquake promoted a slow slip event near the source region of the Pinotepa Nacional earthquake, changing the local stress condition, and advancing the occurrence of this last earthquake. These observations are based on: The analysis of the Servicio Sismológico Nacional earthquake catalog, the direct analysis of recorded seismograms, the modeling of the static stress changes caused by the Tehuantepec earthquake, and the modeling of the dynamic stresses caused by its seismic waves. We observed that right after the Tehuantepec earthquake struck, significant changes in the seismicity occurred near the epicenter of the Pinotepa Nacional earthquake, where dynamic stress reached at least two order of magnitude larger than static stress, as suggested by our numerical modeling. We propose that this is a case of delayed dynamic triggering of a large magnitude earthquake.

SE13-7

## PICTURES OF THE COCOS PLATE USING ENHANCED SEISMIC TOMOGRAPHY. EPISODE II. THE STRUCTURE OF THE TEHUANTEPEC ZONE.

Calò Marco  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
calo@geofisica.unam.mx

In 2017, the Tehuantepec earthquake of Mw 8.2 shook most of the Mexican country recalling to the population and to the authorities the destroying power of the quakes occurring in this portion of the Mexican trench. In this region we assist to a transition of the subduction pattern, from a old Cocos plate steeping at high angle, in the isthmus, to a typical "flat subduction geometry" of the younger portion of the plate, observed in the Oaxaca and Guerrero regions. This peculiar pattern is inferred by the distribution of the events occurring in the region and from a few more seismological and geophysical studies carried out in the past. Some studies invoke the presence of tears to justify some pattern, whereas other ones the existence of "soft bending" and other mechanisms. However the detailed reconstruction of the geometries forming the subduction of this chunk of the Mexican trench is still poorly known. In this work the first 3D high resolution seismic velocity models of the P and S waves along the Tehuantepec trench is presented. Enhanced Seismic tomography (EST, Calò and Tramelli, 2018) is applied to a dataset of more than 6500 seismic events occurred in the region during the last twenty years and recorded by 39 stations deployed onshore by the Mexican National Seismological Service (SSN). EST uses the double difference tomography method (Zhang and Thurber, 2003) complemented with the Weighted Average Models post-processing (WAM, Calò et al., 2013). Data and method allowed to resolve bodies of at least 20x20x10 km<sup>3</sup> down to about 200-250 km of depth. Results clearly show the crust and upper mantle of the Cocos plate plunging with different inclinations beneath the Mexican plate depicting the main features of this complex subduction zone.

SE13-8

## USO DE NODOS SÍSMICOS PARA OBTENER FUNCIONES DE RECEPTOR EN EL MUNICIPIO DE JUCHITÁN, OAX.

Juarez-Garfias Carmen<sup>1</sup> y Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
ibccjgg@gmail.com

Los avances recientes en la tecnología de adquisición de datos sísmicos han generado el interés de la comunidad sismológica en los instrumentos nodales. Estos instrumentos, mejor conocidos como nodos sísmicos, son geófonos de alta frecuencia (1 Hz – 10 Hz) que pueden medir en una o tres componentes. Aunque los nodos sísmicos tienen limitaciones como, la duración de la batería y el ancho de banda en comparación con instrumentos de banda ancha, el bajo costo de instalación y adquisición proporciona una novedosa herramienta para los investigadores. En este trabajo obtuvieron funciones de receptor de telesismos usando nodos sísmicos Fairfield Z-Land de 5 Hz. Los nodos sísmicos instalados por la Universidad de Texas en el Paso en el municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, debido a que fue uno de los sitios más afectados por el sismo de

Tehuantepec del 8 de septiembre 2017 (Mw 8.2). Se obtuvieron funciones de receptor de 50 nodos sísmicos y una estación de banda ancha proporcionada por el Instituto de Geofísica de la UNAM. A pesar de las dificultades de localizar el tiempo de arribo de la onda P en los registros de los nodos, se demostró, comparando las funciones de receptor obtenidas con la estación de banda ancha, que los nodos sísmicos son un instrumento capaz de reproducir funciones de receptor con alta fidelidad.

Sesión especial

# **OBSERVACIONES Y MODELOS SOBRE LA CIRCULACIÓN, BIOGEOQUÍMICA, Y ECOLOGÍA DEL GOLFO DE MÉXICO**

Organizadores:

Juan Carlos Herguera

Paula Pérez Brunius

Sharon Herzka

Julio Sheinbaum Pardo

SE15-1

## DINÁMICA DE FLUJOS BAROTRÓPICO-EQUIVALENTES NO LINEALES PARA MODELAR LA FORMACIÓN DEL CICLÓN DE LA BAHÍA DE CAMPECHE

Zavala Sansón Luis  
CICESE  
lzavala@cicese.mx

Uno de los modelos más básicos para representar el movimiento del océano es el de considerar una capa homogénea de fluido en un sistema en rotación. La dinámica es casi bidimensional: las columnas del fluido se mantienen siempre verticales aunque estén sujetas a efectos de compresión o estiramiento conforme se mueven sobre un fondo variable. Sin embargo, algunos flujos oceánicos y atmosféricos se pueden modelar de forma más sofisticada como "barotrópico-equivalentes", en los cuales la velocidad horizontal del fluido varía en la dirección vertical pero siempre mantiene la misma dirección. La idea fue propuesta por J. Charney desde 1949 en el contexto de una atmósfera barotrópica. Más recientemente, este modelo fue adoptado para describir algunos casos oceánicos en regímenes estacionarios y lineales. En esta plática se plantea el modelo dependiente del tiempo y con efectos no lineales (además de forzamientos externos y fricción del fondo). Se mencionan las limitaciones de la formulación y se presentan algunas soluciones numéricas de flujos experimentales y oceánicos. En particular, se discute la formación del ciclón de Campeche por efecto del viento y de la forma de la batimetría en el sur del Golfo de México.

SE15-2

## ANÁLISIS DE LOS MECANISMOS DE TRANSPORTE DE PARTÍCULAS EN LA REGIÓN NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

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

La región Noroeste del Golfo de México es una de las zonas más activas de extracción de hidrocarburos del Golfo de México y una de las regiones en las que se proyecta un fuerte incremento de la extracción en aguas profundas en el futuro próximo. Lo que conlleva un alto riesgo de la ocurrencia de un derrame en la región. La circulación oceánica de esta zona se caracteriza por la presencia de remolinos con una gran diversidad de tamaños y por la persistencia de una corriente de frontera que fluye hacia el norte y que limita el intercambio de partículas entre la zona somera y la zona profunda de la plataforma oeste. En este trabajo se analiza la dispersión de partículas en la región Noroeste del Golfo de México y en particular los procesos que favorecen el arribo de partículas a la zona somera. Para ello se realizan ejercicios de liberación de partículas advectadas con las corrientes superficiales simuladas con el modelo ROMS para un periodo de 2 años. Los resultados se contrastan con las trayectorias de los remolinos y con las estructuras de submesoescala detectadas en la región. Además, se utilizan mapas autororganizados para detectar patrones asociados al cruce de partículas a la región somera y se analizan datos de mediciones de corrientes para determinar episodios de transporte hacia la costa.

SE15-3

## DESARROLLO E IMPLICACIONES DE TENER UN MODELO NUMÉRICO ASIMILADO PARA EL GOLFO DE MÉXICO

Estrada Allis Sheila Natali<sup>1</sup>, Azevedo Correia de Souza  
Joao Marcos<sup>2</sup>, Sheinbaum Julio<sup>3</sup> y Moore Andrew M.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>MetOcean Solutions / MetService. Raglan, New Zealand.  
<sup>3</sup>University of Santa Cruz, USA.  
sheila@cicese.mx

La asimilación de datos observacionales en modelos hidrodinámicos se está convirtiendo en una útil herramienta tanto en la oceanografía operacional como en la oceanografía observacional. Los productos asimilados, aunque no exentos de incertidumbres, ayudan a mejorar nuestra perspectiva del reanálisis y predicción del estado del mar. A pesar de que el avance en los últimos años ha sido considerable, existen continuas mejoras en la metodología de la asimilación de datos. En la actualidad hay varios métodos disponibles para "alimentar" de forma real a los modelos oceánicos. En este trabajo se presentan los primeros resultados de un modelo asimilado para el Golfo de México (GoM). La técnica es el método variacional llamado 4D-Var, cuya ventaja se centra en que las observaciones son incorporadas al tiempo exacto de la medición, dentro de la ventana de asimilación. Estos datos incluyen productos derivados de satélites y perfiles de salinidad y temperatura provenientes de derivadores ARGO. El modelo hidrodinámico usado es ROMS ("Regional Ocean Model System"), con una resolución temporal diaria,  $\Delta t = 5$  km de resolución horizontal y 36 niveles sigma para todo el GoM. Los resultados forman parte de un proyecto internacional derivado de la *textit{National Academic of Science}*, el cual involucra otras instituciones además de CICESE. Se discuten los resultados preliminares de las corridas, la adquisición de datos, la metodología

usada y la comparación con un modelo libre no asimilado. Además, se presentan las posibles aplicaciones de la solución asimilada final para preguntas oceanográficas de interés general en la región del GoM.

SE15-4

## TASAS DE ACUMULACIÓN DE LOS SEDIMENTOS EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Herguera Juan Carlos y Díaz Asencio Misael  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
herguera@cicese.mx

La acumulación y la mezcla de los sedimentos superficiales son parámetros clave para comprender los procesos biogeoquímicos en los sedimentos y su interacción con las aguas de fondo. En este trabajo se presenta la evaluación de las tasas de acumulación de sedimentos en la región de aguas profundas del sur del Golfo de México (sGoM), a partir del fechado con <sup>14</sup>C en foraminíferos pláncnicos extraídos de núcleos de sedimentos recolectados en 36 estaciones de la llanura abisal y el talud continental. En este estudio se aplicó un modelo de mezcla simple para estimar las tasas de acumulación promedio de los sedimentos (Sm) por debajo a la capa de mezcla superficial y la edad de los foraminíferos en los sedimentos superficiales. Los valores de Sm en la zona abisal estuvieron entre 5.0 y 8.8 cm/ka (n=19), con valores ligeramente superiores en estaciones del talud continental (entre 6.8 y 10.4 cm/ka; n=7). En estaciones localizadas cercanas a zonas activas del talud (cañones submarinos) las tasas de acumulación fueron significativamente mayores, entre 17.1 y 23.6 cm/ka (n=6). En el trabajo se presenta y explica la distribución espacial de las tasas de acumulación en toda la zona de estudio y se discuten las posibles causas de valores anómalos observados al norte de la zona abisal (n=4), relacionada con la hidrodinámica de fondo en la zona de la corriente del lazo. Solo en cuatro núcleos se observó una capa de mezcla superficial homogénea entre 5 y 10 cm de profundidad, mostrando que este proceso de mezcla es poco representativo en toda la zona de estudio. En el trabajo se presenta la distribución espacial de T0 y se discuten, además, las causas de valores anómalos observados en algunas zonas del sGoM.

SE15-5

## GEOQUÍMICA DEL HIERRO REACTIVO EN SEDIMENTOS PROFUNDOS DEL GOLFO DE MÉXICO: TRANSPORTE DE HIERRO POR TURBIDITAS

García Orozco Jonathan<sup>1</sup>, Huerta Díaz Miguel Angel<sup>2</sup>, Mejía Piña Karla Gabriela<sup>2</sup>, Delgadillo Hinojosa Francisco<sup>2</sup> y Valdivieso Ojeda Jacob Alberto<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Oceanografía Costera, Instituto de Investigaciones Oceanológicas/Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC  
<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
jonathan.garcia.orozco@uabc.edu.mx

Las turbiditas pueden representar flujos de masa importantes desde ambientes reducidos someros a ambientes oxidados profundos, como es el caso del Golfo de México (GoM). En este trabajo se reporta el análisis de las concentraciones de hierro (Fe) asociado a las fracciones operacionalmente definidas como HCl (Fe-HCl) y piritita (Fe-pyr), así como de los grados de piritización (DOP) en 33 núcleos recolectados en sedimentos marinos profundos (>1200 m) del GoM. Varios de los núcleos recolectados en las cercanías del Escarpe de Campeche (EC) presentaron valores elevados de DOP (generalmente >90%) y bajos valores de Fe-HCl (generalmente <1 μmol/g), en comparación con el resto de los sedimentos profundos del GoM. Nuestros resultados sugieren que los elevados valores de DOP en esta región fueron ocasionados por corrientes de turbidez originadas en el EC. Cálculos realizados indican que una de estas corrientes de turbidez puede transportar entre 0.065 y 0.26 Tg de Fe y 0.075 a 0.30 Tg de S hacia los sedimentos profundos del GoM. Esta transferencia de elementos reducidos a los sedimentos oxidados profundos del GoM influye de manera importante en la biogeoquímica del Fe, S y, posiblemente, de otros elementos traza asociados a la piritita. Proponemos utilizar la combinación de valores elevados de DOP, bajas concentraciones de Fe-HCl y valores elevados de Fe-pyr para identificar la presencia de turbiditas en sedimentos marinos profundos.

SE15-6

## IMPACTO DE LOS FLUJOS DE MOMENTO AIRE-MAR EN LA CIRCULACIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO

Moreles Vázquez Luis Efraín<sup>1</sup>, Olvera Prado Erick Raúl<sup>2</sup> y Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ciencias del mar y limnología, UNAM  
<sup>2</sup>Ciencias de la atmósfera, UNAM  
moreles@cmar.unam.mx

Este trabajo presenta un estudio numérico del impacto de los flujos de momento aire-mar en la circulación en el Golfo de México. Se analizan el comportamiento del Sistema de la Corriente del Lazo (Corriente del Lazo y Remolinos de la Corriente del Lazo) y del espectro energético de las corrientes en distintos puntos y profundidades del Golfo de México. El análisis se llevó a cabo utilizando resultados de simulaciones de largo plazo (57 años) de la circulación en el Golfo de México realizadas con

el modelo HYCOM, considerando dos casos de estudio: con y sin forzamiento atmosférico. Se describen las diferencias correspondientes entre ambos casos de estudio y se presenta un análisis de sensibilidad de la circulación en el Golfo de México al forzamiento atmosférico. Estos resultados permitirán avanzar en el entendimiento del impacto relativo del forzamiento atmosférico en la dinámica del Golfo de México.

SE15-7

## PATRONES RECURRENTE DE CIRCULACIÓN OCEÁNICA EN EL GOLFO DE MÉXICO

Olivera Prado Erick Raúl<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>, Moreles Vázquez Luis Efraín<sup>2</sup>, Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup>, Gonzalez Santamaría Raúl<sup>1</sup>, Hernández Siade Alma Tatiana<sup>1</sup> y Calva Chávez Miriam Alin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Ciencias del mar y limnología, UNAM  
erick@atmosfera.unam.mx

La variabilidad en el Golfo de México (GdM) está dominada por la Corriente del Lazo (CL) y los remolinos (RCL) que se desprenden de ella. Recientes estudios indican patrones de circulación profunda dominantes en el oeste del golfo, inducidos por interacciones entre los RCL y la topografía así como un acoplamiento entre la circulación superficial (< 1000-m) y la profunda (> 1500-m) inducida por los remolinos de la CL. En este estudio, utilizamos Funciones Empíricas Ortogonales Complejas (CEOFs) para estimar los patrones de circulación más recurrentes en el GdM y analizar el respectivo acoplamiento entre la capa superficial y la profunda. El análisis es realizado a un experimento numérico configurado en el GdM e integrado por 20 años. Los resultados muestran una respuesta de la capa profunda a la variabilidad de la CL y los RCL en las capas superficiales, que podría ser la expresión de remolinos profundos y otras características vinculadas con su dinámica.

SE15-8

## DETECCIÓN DE REMOLINOS COHERENTES EN EL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Bello Fuentes Fernando, García Nava Héctor y Andrade Canto Fernando  
Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
fbello@uabc.edu.mx

Los remolinos están presentes en el océano en cualquier instante de tiempo e influyen el transporte de masa y de propiedades como calor y sal. También son capaces de modular la biodiversidad modificando la distribución de clorofila por advección horizontal. Los remolinos son capaces de transportar partículas inertes o biota como por ejemplo larvas de peces o petróleo. En el Golfo de México (GoM) hay una gran cantidad de remolinos durante todo el año con diferentes características. Principalmente destacan los remolinos que se liberan de la corriente del lazo (LCE) que son estructuras de mesoescala que pueden alcanzar hasta los 300 kilómetros de extensión y que se desplazan hacia el oeste del GoM. Particularmente en el Noroeste del Golfo de México (NOGoM) se presentan una gran cantidad de remolinos ciclónicos y anticiclónicos y algunos de estos remolinos son independientes de los LCE. Los tiempos de duración de los remolinos han sido estudiados a nivel mundial pero pocos estudios han cuantificado el tiempo que los remolinos retienen las partículas dentro de su frontera. Conocer si los remolinos del NOGoM atrapan y transportan partículas y por cuanto tiempo lo hacen es de gran importancia debido a que la cantidad de calor y de agua fresca que éstos transportan pueden influenciar la circulación local del NOGoM. Por otra parte, debido a la presencia de plataformas petroleras en el NOGoM, existe el riesgo de derrames de hidrocarburos que pueden afectar ecológica y económicamente a las regiones aledañas. Por lo tanto, conocer los tiempos de retención de los remolinos en la zona es de vital importancia para realizar predicciones de la retención de partículas en casos de derrames petroleros. En este estudio se realiza la detección y se analizan los tiempos de coherencia de los remolinos presentes en el NOGoM entre las longitudes 97° a 94° W y latitudes 25° a 28° N. Para la identificación de los remolinos se utiliza la definición de vórtice Lagrangiano rotacionalmente coherente y, como método de detección, se utilizan las Desviaciones Lagrangianas de Vorticidad Promediada (Lagrangian Averaged Vorticity Deviation). Para el análisis se utilizan datos de corrientes geostroficadas derivados de altimetría de AVISO para el periodo de 1993 al 2013, la resolución espacial es de ¼ de grado por lo que solo se detectan vórtices con radios mayores a 22 km. Los resultados obtenidos se discuten contrastando la ocurrencia y las características de los vórtices ciclónicos y anticiclónicos detectados. Se detectaron un total de 264 remolinos, de los cuales 75 son anticiclónicos y 189 son ciclónicos. Reportamos un área de 1° x 1° en el NOGoM con 26% más presencia de remolinos ciclónicos comparado con el resto del área de estudio. Los tiempos de retención son de ~34 días y de ~29 días para los remolinos ciclónicos y anticiclónicos respectivamente. Estos resultados sugieren que los remolinos del NOGoM contribuyen en los procesos de mezcla de agua en la región.

SE15-9

## SIMULACIONES CLIMATOLÓGICAS DE DERRAMES DE PETRÓLEO EN OCHO SITIOS DE INTERÉS EN EL GOLFO DE MÉXICO

Lara Hernández Julio Antonio<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Pérez Brunius Paula<sup>3</sup>, Zavala Romero Olmo Sebastian<sup>1</sup>, Rivera Martínez Saulo Leonardo<sup>2</sup>, Pineda León Roberto<sup>2</sup>, Osorio Tai Ma. Elena<sup>2</sup>, Meza Carreto Jaime<sup>2</sup>, Hernández Siade Alma Tatiana<sup>2</sup>, Calderón Bustamante Oscar<sup>2</sup> y Gonzalez Santamaría Raúl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ciencias del mar y limnología, UNAM

<sup>2</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>3</sup>CICESE

julioalh@atmosfera.unam.mx

Mediante un modelo Lagrangiano en dos dimensiones, se simuló derrames de petróleo climatológicos para el periodo 1992-2011. Durante los primeros 15 días de cada mes, diariamente se liberaron 1,000 partículas virtuales a 0 m de profundidad en ocho sitios de plataformas petroleras virtuales del Golfo de México, las cuales se numeran del 1 al 8. Los derrames mensuales se simuló desde el primer día del mes de derrame hasta el día último del siguiente mes. El derrame producido por la plataforma 5, la más cercana al litoral, provocó la mayor cantidad de petróleo en la línea de costa, lo cual fue similar mes con mes. Las plataformas 3, 4, 6 y 7 implicaron una concentración moderada, mientras que las plataformas 1, 2 y 8 produjeron la menor aportación de petróleo a la línea de costa. La llegada a la costa de petróleo proveniente de las plataformas 3, 4, 6-8 fue mayor durante marzo-septiembre. Para el caso de las plataformas 1 y 2, los mínimos de petróleo en ocho ocurrieron en diciembre, enero y julio, y los máximos en abril y septiembre. Los derrames de las plataformas 1-6 alcanzaron secciones de la costa hacia el norte durante septiembre-enero. Durante dicho periodo, los derrames de las plataformas 1, 2 y 8 llegaron a regiones costeras hacia el oeste, mientras que el derrame de la plataforma 6 alcanzó regiones hacia el este. La cantidad de petróleo que llega a la costa usualmente depende tanto del régimen hidrodinámico mensual como de la cercanía entre la plataforma petrolera y la línea de costa.

SE15-10

## ESCENARIOS NUMÉRICOS DEL DERRAME DE PETRÓLEO DE LA PLATAFORMA USUMACINTA (SUR DEL GOLFO DE MÉXICO, 2007)

Lara Hernández Julio Antonio<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Zarza Alvarado Miriam Arianna<sup>3</sup>, Zavala Romero Olmo Sebastian<sup>1</sup>, Arellano Guerrero Fernando Nicolas<sup>4</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>2</sup>, Osorio Tai Ma. Elena<sup>4</sup>, Pineda León Roberto<sup>2</sup>, Rivera Martínez Saulo Leonardo<sup>2</sup>, Meza Carreto Jaime<sup>2</sup>, Hernández Siade Alma Tatiana<sup>2</sup> y Calderón Bustamante Oscar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ciencias del mar y limnología, UNAM

<sup>2</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de geofísica, UNAM

<sup>4</sup>Facultad de ingeniería, UNAM

julioalh@atmosfera.unam.mx

Se construyeron escenarios numéricos del derrame de la plataforma Usumacinta mediante un modelo Lagrangiano en dos dimensiones. Se consideraron 5 profundidades (0, 1, 5, 10 y 15 m) y 3 tasas de decaimiento exponencial de petróleo (99% de decaimiento en 10, 20 y 30 días). El mayor vertido de petróleo hacia el continente ocurrió en la superficie, ya que la dirección del viento predomina hacia la costa: alrededor de 6,000 barriles de petróleo fueron repartidos a lo largo de ~340 km de la línea de costa. En sub-superficie, la dirección de las corrientes y el transporte de petróleo predominó hacia mar abierto. La menor afectación del fondo marino ocurrió a los 5 y 10 m de profundidad: alrededor de 1 barril se repartió a lo largo de ~20 km, mientras que ~20 barriles se repartieron en ~65 km, respectivamente. A 15 m de profundidad, la afectación al fondo se incrementa a 2,000 barriles repartidos en ~115 km. Este incremento se debe a que la isóbata de 15 m está muy próxima al sitio de derrame. Debido a la cercanía de la plataforma Usumacinta con la costa, la tasa de decaimiento exponencial no mostró un efecto marcado sobre la longitud de continente afectado ni sobre la cantidad de petróleo que llega al continente en las distintas profundidades. La mayor parte del petróleo permaneció dentro de la Bahía de Campeche, solo llegó a las costas del extremo sur de la bahía, y se obtuvieron concentraciones de petróleo menores a las establecidas como niveles tóxicos.

SE15-11

## VARIABILIDAD DIURNA DE LOS TRANSPORTES A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL GOLFO DE MÉXICO

Nieblas Piquero Juan Manuel<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup>, Hernández Siade Alma Tatiana<sup>1</sup> y Gonzalez Santamaría Raúl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
jumannp@atmosfera.unam.mx

El estudio del intercambio a través de la plataforma involucra un gran rango de fenómenos y diferentes procesos de que ocurren en distintos tiempos y locaciones como lo muestran los gradientes a través de la plataforma continental del

Golfo de México (GoM) de temperatura, salinidad y materiales disueltos. Para entender este comportamiento se analiza el promedio de la variabilidad diurna de los transportes de masa de agua a través de la plataforma continental del GoM calculados a partir de 13 años (2000-2013) de salidas horarias simuladas con el modelo numérico HYCOM (Hybrid Coordinate Oceanic Model). Los resultados del análisis de los transportes horarios muestran por primera vez a escala de todo el GoM, el impacto diurno en la circulación. Se observa una señal diurna muy clara en superficie y subsuperficie donde los componentes de la corriente perpendicular a las isóbatas analizadas (20, 30, 50 y 200m) cambian a lo largo del ciclo diurno y en ocasiones incluso cambian de signo donde se muestra una posible influencia de la brisa marina.

SE15-12

### COMUNIDADES DE PECES DEMERSALES DEL TALUD CONTINENTAL DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Ramírez-Gutiérrez José Martín, Vázquez-Bader Ana Rosa y Gracia Adolfo  
*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM*  
 montevivo100@gmail.com

La comunidad de peces demersales del talud continental del Sur del Golfo de México, entre 300 y 1200 m de profundidad, se analizó a partir de cinco campañas oceanográficas (2011-2014) realizadas a bordo del B/O JUSTO SIERRA de la Universidad Nacional Autónoma de México. El muestreo se efectuó con redes de arrastre camaronerías de tipo comercial (18 m de apertura de boca, 4.5 cm de apertura de malla y 1.5 cm en el copo), en 112 lances de 30 minutos de duración y velocidad de 2.5 -3 nudos desde Tamaulipas hasta el Mar Caribe mexicano. Se registraron 80 familias de peces con 186 especies, de las cuales 18 incrementaron su distribución en el Golfo de México y 35 su distribución batimétrica. La estructura comunitaria fue similar en toda la zona de estudio, aunque se presentaron asociaciones distintas en el gradiente de profundidad: superior (300-499 m), intermedia (500-799 m) e inferior (>800 m). La diversidad fue mayor durante el período de lluvias; sin embargo, la mayor abundancia se registró durante la temporada "seca". La profundidad fue el factor determinante en la composición de las asociaciones.

SE15-13

### WAVES EFFECT ON NEAR-SURFACE MIXING AND SURFACE DRIFT, IN THE GULF OF MEXICO

Moulin Aimie, Osuna Pedro, Rasclé Nicolas, Larrañaga Marco y Ocampo Torres Francisco J.  
*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE*  
 amoulin@cicese.mx

An accurate estimate of the oceanic surface velocity is a requirement for the survey of objects or substances drifting at the surface. A realistic ocean-wave coupled model, implemented in the Gulf of Mexico, is used to study the wave effect on the mixed layer dynamics and its impact on the surface drift. The coupling scheme is based on the Generalized Lagrangian Mean formalism, in which the momentum is separated into a quasi-Eulerian momentum component and the wave-induced Stokes drift. Two different turbulent vertical mixing schemes are used: the KPP and the K-Epsilon (GLS). In the K-epsilon case the closure scheme takes into account the effect of waves on the vertical mixing. Preliminary analysis reveals significant effects of waves on the mixed layer depth, during some extreme events. It is shown that the surface drift is dependent on the formulation of the turbulent kinetic energy. This work is carried out in the framework of the project 201441 (CIGoM) funded by CONACYT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos.

SE15-14

### COMPARACIÓN DEL EFECTO DEL VIENTO Y EL OLEAJE EN LA DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS EN EL NOROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Andrade Canto Fernando, García-Nava Hector y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia  
*Instituto de investigaciones oceanológicas de la UABC, IIO*  
 andcanfer@gmail.com

Debido a la presencia de plataformas petroleras y, el inminente incremento de éstas en la zona de aguas profundas en el noroeste del Golfo de México (NOGoM), existe el riesgo de derrames de petróleo que pueden afectar ecológicamente y económicamente a las regiones aledañas. Por ello, es importante simular y entender la dispersión de contaminantes en esta región. Comúnmente, la dispersión de partículas se analiza solamente a partir de la advección ocasionada por las corrientes superficiales, ignorando otros fenómenos. En este trabajo se analiza la importancia del arrastre directo del viento y las corrientes inducidas por el oleaje en la simulación de derrames de petróleo en el NOGoM. Para ello, se realizan simulaciones de derrames, advectando nubes de partículas en tres escenarios: 1) solo corrientes, 2) corrientes y viento y 3) corrientes, viento y deriva de Stokes. Con el fin de analizar la influencia del viento y del oleaje, se incluyen los términos en la velocidad advectiva  $U_a = U_c + C_v U_v + C_o U_o$ , donde  $u_c$  es la velocidad de las corrientes,  $U_v$  la velocidad del viento a 10 m,  $U_o$  es la deriva de Stokes y  $C_v$  y  $C_o$  son coeficientes de proporcionalidad. La velocidad de las corrientes superficiales se

obtiene con el modelo ROMS de resolución espacial de 1.5km, las velocidades del viento corresponden a simulaciones del modelo atmosférico WRF con el que se fuerzan tanto el modelo ROMS como el WaveWatch3, utilizado para calcular la deriva de Stokes. Los experimentos de dispersión se realizan cada 5 días por un periodo de 1 año, y las partículas de cada evento de liberación se siguen durante 45 días. Se contrastan los resultados de la advección de las partículas y se cuantifica el porcentaje de arribo de partículas a regiones someras. Por último, se determina la importancia del viento y la deriva de Stokes en la advección de partículas en NOGoM a escala estacional y anual.

SE15-15

### VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA CIRCULACIÓN EN EL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO: MODELACIÓN NUMÉRICA

Gómez-Valdivia Felipe y Parés Sierra Alejandro  
*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California, CICESE*  
 fgomez@cicese.edu.mx

Mediante la implementación de un modelo numérico con alta resolución costera, hemos reproducido la dinámica del Golfo de México con énfasis en la región oriental. Nuestros resultados muestran que la dinámica local se caracteriza por una circulación costera cuya componente estacional es generalmente dominada por la variabilidad del esfuerzo del viento. No obstante, frente las costas de Tamaulipas y norte de Veracruz, el arribo de giros calidos desprendidos de la Corriente de Lazo induce una energética circulación anticiclónica capaz de inhibir el efecto del viento y generar corrientes costeras hacia el norte con promedios mensuales mayores a 50 cm/s. Dentro de la Bahía de Campeche, al sur de #21N, el viento local y la recurrente manifestación del giro ciclónico de Campeche generan corrientes costeras que viajan hacia el sur-sureste con velocidades cercanas a 20 cm/s.

SE15-16

### RUGOSIDAD SUPERFICIAL DEL MAR EN EL GOLFO DE MÉXICO — VIENTO Y OLEAJE EN EL CONTEXTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE EL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA

Díaz Méndez Guillermo<sup>1</sup>, Peláez Zapata Daniel<sup>1</sup>,  
 Ocampo Torres Francisco J.<sup>1</sup> y Esquivel Trava Bernardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>CICESE  
<sup>2</sup>UABC-IIO  
 gdiaz@cicese.mx

Durante los últimos meses, tres boyas oceanográficas y de meteorología marina (BOMM) han estado registrando parámetros físicos asociados con el intercambio de momento entre el océano y la atmósfera en el golfo de México: dirección y rapidez del viento, y elevación de la superficie libre debida al oleaje. De forma simultánea, se han adquirido imágenes de radar de apertura sintética (RAS) mediante plataformas satelitales en la vecindad de las BOMM. Mientras que las observaciones realizadas desde las boyas nos muestran la evolución temporal de estos parámetros con tasas de muestreo de hasta 20 Hz, las imágenes RAS nos muestran la variabilidad espacial de la rugosidad superficial del mar en áreas de hasta 250 x 250 km con resolución de hasta 3 x 3 m. Con el objetivo de avanzar en el entendimiento de la relación que existe entre ambas, en este trabajo presentamos algunos resultados de la estimación de los campos de viento y oleaje frente a la costa de Tamaulipas a partir de imágenes RAS adquiridas desde las constelaciones Sentinel 1 y TerraSAR- y TanDEM-X, así como de las observaciones realizadas desde la BOMM1. En general, hemos encontrado que la rapidez del viento determinada a partir de las imágenes de Sentinel 1 (RAS de banda C) concuerda mejor con las observaciones que la estimada de los satélites de banda X (TerraSAR/TanDEM), y en ambos casos, la comparación es mejor con las observaciones realizadas a 5.5 m de altitud que con las estimaciones típicas del viento a 10 m sobre la superficie del océano, U10. Por su parte, los parámetros del oleaje estimados a partir de las imágenes RAS concuerdan con las observaciones solamente en un 50% de los casos analizados. De particular interés es el caso del efecto que tienen sobre la superficie del océano el paso de frentes atmosféricos asociados con los nortes, típicos del golfo de México. Mientras las observaciones muestran un incremento de más de 10 ms<sup>-1</sup> en la rapidez del viento y un cambio de dirección cercano a los 180° en unos pocos minutos, las imágenes RAS muestran una gran homogeneidad en el campo del viento en cada uno de los lados del frente —y diferentes entre sí—, así como una gran homogeneidad en el campo de olas en ambos lados del frente, en escalas de varias decenas de kilómetros.

SE15-17

## EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ARRIBO DE HIDROCARBUROS A LA ZONA COSTERA DE PERDIDO MEDIANTE MODELACIÓN NUMÉRICA

Kono Martínez Tadashi<sup>1</sup>, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia<sup>1</sup> y Enríquez Ortiz Cecilia<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM-Sisal  
tadashi@uabc.edu.mx

Los modelos numéricos son herramientas que permiten determinar los patrones de circulación bajo diferentes escenarios. En este trabajo se utiliza el modelo Delft3D para simular diferentes condiciones de circulación sobre la zona costera de Perdido en el Golfo de México. Para ello, se configura una malla regional a lo largo de 200 km en la costa del sur de Texas con resolución variable entre 0.3-1.4 km. Las simulaciones incluyen escenarios forzados por viento, oleaje y corrientes. Para ello, el modelo regional se alimenta con datos del modelo de circulación global HYCOM y con datos del modelo de propagación y generación de oleaje WAVEWATCH III. Con el fin de evaluar la calidad de los resultados del modelo numérico, se realiza una comparación con mediciones recabadas con ADCPs (perfiladores de corrientes tipo Doppler) instalados a lo largo de la zona costera (20 m de profundidad) y con datos de varias boyas de la NDBC-NOAA ubicadas a profundidades de entre 40 y 100 m de profundidad. La comparación de los resultados de oleaje y corrientes del modelo con las mediciones a través del parámetro Brier Skill Score (BSS) muestra un buen desempeño con BSS = 0.6-0.8. Con el modelo validado se realizan estudios para caracterizar las condiciones de circulación en la zona costera de la región de Perdido. A los distintos escenarios se sembraron partículas conservativas para simular boyas de deriva, cerca de la zona de plataformas y se calculan las funciones de densidad de probabilidad, con la finalidad de evaluar el porcentaje de arribo de partículas a lo largo de la zona costera (profundidades menores a 20 m) incluyendo la Laguna Madre.

SE15-18

## ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INTERACCIÓN OLAS-CORRIENTES EN LA DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS SUPERFICIALES EN LA REGIÓN OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Osuna Pedro, Moulin Aimie y Ocampo Torres Francisco J.

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

Se realizan experimentos numéricos de dispersión de partículas en la superficie del océano para determinar el efecto de la interacción olas-corrientes en la trayectoria de los elementos flotantes. Los campos de corriente y oleaje son calculados a partir del sistema acoplado olas-corrientes CROCO-WaveWatch III. En un primer experimento (ExpC), las partículas son colocadas en 8 puntos a lo largo de la costa oeste del Golfo de México, en localidades cuya profundidad aproximada es de 500 metros. En un segundo experimento (ExpD), se colocan 8 estaciones a lo largo también de la costa oeste del Golfo de México, sobre profundidades entre 1000 y 2500 metros. En cada estación se siembran 1000 partículas, las cuales son transportadas por la corriente superficial (aproximadamente 1 metro) calculadas por los modelos. El análisis del efecto de la interacción olas-corrientes se basa en el contraste entre las trayectorias calculadas utilizando las corrientes obtenidas con el modelo CROCO en modo desacoplado y las obtenidas con el sistema acoplado. Los resultados indican que la interacción olas-corrientes no cambia de manera sustancial las características del campo general de corrientes, sin embargo, se observa que para el experimento ExpC el efecto de la deriva de Stokes propicia un transporte de partículas hacia la costa, especialmente en la región del Golfo de Campeche. En el experimento ExpD, al igual que en el ExpC, se observa un mayor transporte de partículas hacia la costa cuando se utilizan los campos de corriente superficial que incluyen la deriva de Stokes. Entre los resultados se incluye el análisis cuantitativo del efecto de la deriva de Stokes en la dispersión absoluta de las partículas en cada una de las regiones de estudio.

SE15-19

## AVANCES DEL CIGOM EN EL ESTUDIO DE NUTRIENTES EN LA REGIÓN PROFUNDA DEL GOLFO DE MÉXICO

Camacho Ibar Víctor F., Valencia Gasti José A, Hakspiel Segura Cristian, Lee Sánchez Erika, Velásquez Aristizabal Jorge A., Ávila López Ma. Carmen, Muñoz Anderson Mauricio y Naranjo Ortiz Denice A  
Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
vcamacho@uabc.edu.mx

El proyecto "Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del golfo de México" incluye el estudio de nutrientes inorgánicos disueltos nitrato+nitrato (N+N), fosfato (PO<sub>4</sub>) y ácido silícico (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) en aguas de la región profunda del Golfo de México (GoM). Se presentarán perfiles verticales de nutrientes de una estación en el Mar Caribe representativos del "agua fuente" y se contrastarán

con perfiles obtenidos en el interior del GoM en estaciones con influencia de remolino de mesoescala. Se discutirá el papel de los procesos físicos y los procesos biogeoquímicos internos (fijación de N<sub>2</sub> y remineralización) en el control de las distribuciones verticales de los nutrientes en la región de estudio.

SE15-20

## IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO BIOGEOQUÍMICO BIOEBUS EN LA BAHÍA DE CAMPECHE

Tanahara Romero Sorayda Aime<sup>1</sup>, Hernández Ayón JoséMartín<sup>2</sup>, Zirino Alberto<sup>3</sup>, Sudre Joël<sup>4</sup> y Montes Ivonne<sup>5</sup><sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC-FCM<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC-IIO<sup>3</sup>Universidad de California en San Diego, Scripps Institution<sup>4</sup>LEGOS-Francia<sup>5</sup>Instituto Geofísico de Perú

stanahara@uabc.edu.mx

La modelación numérica es una herramienta valiosa en el estudio de la dinámica oceánica dado que permite generar escenarios a partir de observaciones discretas y estudiar la evolución espacio-temporal de un proceso. En el presente estudio se utilizó el modelo de circulación ROMS-AGRIF acoplado al módulo BioEBUS para simular procesos físicos y biogeoquímicos en el Golfo de Campeche, obtenidos a partir de un anidado en el Golfo de México. Para los flujos de calor, el modelo es forzado con climatologías mensuales COADS, esfuerzo del viento cada 6 horas derivados del NCEP-CFSR y en la malla del Golfo de México, las condiciones de frontera abierta provienen de una simulación global de SODA. Como forzamiento para el modelo biogeoquímico se utilizan climatológicas mensuales de CARS2009. Se valida el ciclo estacional de plancton comparándolo con la concentración de clorofila-a proveniente de información satelital, asimismo, se valida la concentración y distribución de nutrientes con datos medidos provenientes de cruceros XIXIMI #s.

SE15-21

## DIVERSIDAD Y REDUNDANCIA FUNCIONAL DE LAS COMUNIDADES MEGABENTÓNICAS DE DOS SECTORES DEL GOLFO DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES

Rubio Polania Juan Carlos<sup>1</sup>, Torruco Gómez Daniel<sup>1</sup>, GonzálezSolís Alicia<sup>1</sup>, Árcega Cabrera Flor<sup>2</sup>, Enríquez Ortiz Cecilia<sup>3</sup>, MariñoTapia Ismael<sup>3</sup>, Romo Alvarado Jessica<sup>1</sup> y Gutiérrez-Solís Claudia<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN unidad Mérida, CINVESTAV Unidad Mérida<sup>2</sup>Facultad de Química, UNAM-Sisal<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores-Mérida

juan.rubio@cinvestav.mx

Se evaluó la diversidad y redundancia funcional de las comunidades megabentónicas de los márgenes externos de la Plataforma Continental de Yucatán y del Cinturón Plegado Perdido durante los años 2015 a 2017, en las campañas oceanográficas Gomex IV, Gomex V, Perdido II y Perdido III, en estaciones ubicadas entre los 31 m y 201 m de profundidad en la Plataforma Continental de Yucatán y entre 43.20 m y 544 m en el Cinturón Plegado Perdido, utilizando una red camaronesa comercial. La diversidad funcional fue evaluada a través del coeficiente de Rao, mientras que la redundancia funcional se obtuvo a partir de la diferencia de dicho coeficiente con el índice de Simpson. Los valores más elevados de diversidad funcional se observaron durante los cruceros Gomex V y Perdido II (0.21±0.17 y 0.21±0.18), siendo las estaciones A4 y J48, junto con la F1 y D3, las que exhibieron los valores más elevados (0.26±0.17, 0.25±0.15, 0.28±0.20 y 0.26±0.18, respectivamente). En la Plataforma Continental de Yucatán los valores elevados resultan de la presencia de especies carnívoras, omnívoras, filtradoras y sésiles que estructuran el hábitat que es seleccionado por especies móviles de acuerdo a los recursos que suplen los requerimientos específicos determinados por su ciclo de vida; mientras que en el Cinturón Plegado Perdido los valores más altos fueron producto de la interacción entre especies sedentarias y filtradoras con especie sésiles y detritívoras, principalmente epifaunales. Las comunidades de la Plataforma Continental de Yucatán fueron las más redundantes (entre 0.65 a 0.55), siendo el Cinturón Plegado Perdido el área que necesita mayores esfuerzos de monitoreo y protección, teniendo en cuenta su rango de valores de redundancia (entre 0.40 a 0.42), junto a la evidencia aportada por los análisis de correlación que indican relaciones inversas (# < -0.70) de grupos funcionales con los hidrocarburos aromáticos. La latitud fue la variable que más influyó a las especies carroñeras en la Plataforma Continental de Yucatán (# > 0.70), mientras que en el Cinturón Plegado Perdido fue inversa la relación entre la temperatura y clorofila con especies detritívoras, móviles y sésiles; sumado una disminución en la diversidad funcional con el aumento de la profundidad.

SE15-22

### TRES AÑOS DE MONITOREO CONTINUO DEL GOLFO DE MÉXICO CON PLANEADORES SUBMARINOS AUTÓNOMOS (GLIDERS)

Tenreiro Miguel<sup>1</sup>, Pallàs-Sanz Enric<sup>1</sup>, Ulloa Marco<sup>2</sup>, Ochoa José<sup>1</sup>, Ruíz-Angulo Angel<sup>1</sup>, Cusi Simó<sup>1</sup>, Portela Esther<sup>1</sup>, Meunier Thomas<sup>1</sup>, Villicaña Adrian<sup>1</sup>, Aranda Eliot<sup>1</sup>, Zárate Jessica<sup>1</sup>, Correa Juan<sup>1</sup>, Cisneros Sebastian<sup>1</sup> y Escobar Ana Teresa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CICESE  
<sup>2</sup>CICATA  
tenreiro@cicese.mx

El Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG) ha realizado 18 misiones de monitoreo de propiedades físicas y biogeoquímicas en el Golfo de México de manera continua en los últimos tres años. El GMOG se encuadra en la línea 1 del megaproyecto "Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la explotación y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México", financiado por el fondo CONACyT-SENER Hidrocarburos 2015-2020 y liderado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada como Consorcio de Investigación del Golfo de México (CICESE-CIGoM). Se pretende mostrar la extensa base de datos originada durante este periodo de monitoreo así como los principales resultados obtenidos del gran esfuerzo observacional. En particular, describir una de las misiones donde se ha utilizado un AD2CP modelo Nortek montado en el glider y mostrar los resultados preliminares de los perfiles verticales de velocidades medidos durante un experimento realizado cerca de un anclaje del Grupo Canek (CICESE) en el oeste del Golfo de México. Se pretende demostrar la capacidad de monitoreo del GMOG en el pasado, presente y futuro en lo que concierne a la utilización de nuevos sensores y sus aplicaciones en el estudio de procesos físicos y biológicos tanto en el Golfo de México como en otros mares y océanos.

SE15-23

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE DERRAMES DE PETRÓLEO EN EL GOLFO DE MÉXICO A CAMBIOS EN LOS PROCESOS ADVECTIVOS

García Lucero Angeles Berenisse, Sheinbaum Julio, Parés Sierra Alejandro y Herzka Sharon  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
abgarcia@cicese.edu.mx

Se llevarán a cabo simulaciones numéricas de derrames de petróleo en particular simular un evento de tipo Ixtoc y cuantificar de diferentes formas la sensibilidad de los resultados de dichos experimentos a diferentes formas de advección las partículas de petróleo de dicho experimento. Para ello se utiliza el modelo y se realiza experimentos utilizando a) Corrientes oceánicas provenientes del modelo NEMO (en superficie), b) Vientos obtenidos del reanálisis CSR y DFS5.2 (ERA, INTERIM modificado). El modelo de circulación NEMO ha probado ser capaz de simular las características principales de la circulación en el Golfo de México y su variabilidad. Los reanálisis atmosféricos son también de los más utilizados para estudiar la meteorología de la región y para forzar los modelos de circulación oceánica. Se estudiará también la sensibilidad (i.e. diferencias en los resultados de las simulaciones de derrames) a la forma de introducir el efecto de las olas (deriva de Stokes) y arrastre directo del viento utilizando diferentes constantes de proporcionalidad (0.01-0.06) para la velocidad de las partículas de petróleo. Se mostrarán resultados de estimaciones de los lugares del Golfo en los que se acumula más petróleo después de un tiempo, la concentración máxima y el tiempo en que este ocurre.

SE15-24

### ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y CONECTIVIDAD EN POBLACIONES DE PECES PLANOS DEL GOLFO DE MÉXICO, UTILIZANDO SECUENCIAS DE ADNMT (COI)

Améndola Monica, Ek Huchim Juan Pablo, Zamora Briseño Jesús Alejandro, Perez Vega Juan Antonio y Rodríguez Canul Rossanna del Pilar  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV  
monica.amendola@cinvestav.mx

La conectividad genética está directamente relacionada con la capacidad de adaptación de una población frente a los disturbios ambientales. En la actualidad se utilizan diversos marcadores moleculares para estudios de conectividad, entre ellos el gen mitocondrial de la Citocromo Oxidasa I, que permite determinar la diversidad y estructuración genética de organismos de interés. En este estudio, se analizó la conectividad genética de diversas especies de peces planos (lenguados) distribuidos en el Golfo de México, utilizando muestras colectadas en los cruceros de Gomex (plataforma de Yucatán) y de la zona de Perdido. Se identificaron los haplotipos y su número total por especie, se estimaron las diversidades haplotípicas y genotípicas, y se construyó una red de haplotipos para visualizar las relaciones entre las secuencias de ADN de los organismos analizados, identificando

haplotipos ancestrales y estableciendo distancias en pasos mutacionales entre cada haplotipo encontrado. Esto permitió evaluar el grado de conectividad, que puede estar relacionado con la capacidad de respuesta poblacional a cambios ambientales. Conocer el grado de estructuración génica en las regiones de Gomex y Perdido puede servir para evaluar el potencial impacto de derrames de petróleo de gran escala en la zona, ya que las consecuencias podrían verse reflejadas a corto plazo, con la pérdida de los individuos más susceptibles, y además podrían causar alteraciones en la estructura poblacional a mediano y largo plazo, con una redistribución de la variabilidad genética de las especies afectadas.

SE15-25

### A SUMMARY OF RESULTS FROM THE CIGOM NUMERICAL MODELING GROUP: THE FINAL CHAPTER.

Sheinbaum Julio  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
julios@cicese.mx

The CIGOM project is in its final year so the time is right to provide a summary of the main results obtained from many numerical simulations of the ocean and atmospheric circulation, physical-biogeochemical processes, wave-current interactions and oil spill modeling. We have learned a great deal about small scale processes, the role of eddies and the general circulation in the basin. Since the beginning we opted for a multi-model approach to provide a sense of the expected uncertainty in the circulation reproduced by the models and considering their differences an advantage rather than a handicap. The challenge we now face is to convey all this information in a sensible and understandable manner. Here we present our answer to the challenge.

SE15-26

### LÍNEA BASE AMBIENTAL DEL GOLFO DEL MÉXICO DEL PROYECTO CIGOM: CARACTERÍSTICAS, DIAGNÓSTICO Y UNA VISIÓN A FUTURO

Herzka Sharon, Delgadillo Saúl, Ramírez Paola, Llamas Carmina y Combarro Manuel  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
sherkza@cicese.mx

Dentro de los objetivos del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM), se incluye el establecer una línea base ambiental del ecosistema. La base de datos de variables oceanográficas, biogeoquímicas, biológicas y ecológicas es integrativa, comparable, accesible, validada e interoperable. A través de muestreos realizados durante 19 cruceros oceanográficos (2015-2019) realizados por CICESE, ICML-UNAM, CINVESTAV y UABC dentro de la ZEE mexicana, se ha realizado el mayor esfuerzo de caracterización del Golfo de México. Este esfuerzo coordinado permite el establecimiento de una línea base ambiental que sirva de referencia para (1) evaluar impactos y diseñar estrategias de mitigación en casos de derrames de gran escala, (2) evaluar el efecto de presiones antropogénicas como el cambio climático y la acidificación oceánica, y (3) contribuir al entendimiento de los procesos fundamentales que modulan el comportamiento oceanográfico del ecosistema. El manejo de el altísimo volumen de muestras y la generación de datos de diferente naturaleza y estructura requirió de una estrategia integral en la cual han colaborado modeladores y desarrolladores de bases de datos, curadores y expertos a lo largo del proyecto. A partir de esta colaboración, se desarrolló un software capaz de albergar la información de manera estructurada, y que permite la búsqueda y descarga de distintos sets de datos para uso en diversas plataformas de análisis y visualización. Esta presentación describirá la estructura y contenido de la base de datos, el potencial de uso para fines académicos, gubernamentales y económicos, y se discutirá la necesidad de establecer una estrategia que asegure su permanencia.

SE15-27

### ESTRUCTURAS LAGRANGIANAS COHERENTES Y DISTRIBUCIÓN DE PELÁGICOS MAYORES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Munguía Daniela y Sheinbaum Julio  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
dmunguia@cicese.edu.mx

Estudiamos la distribución de pelágicos mayores con información de marcas satelitales y modelos de hábitat potencial y la relación que hay con las estructuras coherentes lagrangianas vistas como máximos de los exponentes de Lyapunov de tiempo finito. Debido a la naturaleza de los datos de los pelágicos se realizaron dos tipos de experimentos. En el primero se estudiaron las posiciones diarias de estructuras de mesoescala, de atunes aleta azul y de ballenas piloto, con lo que encontramos que los animales se mantienen a menos de 50 km de diferentes estructuras la mayor parte del tiempo que fueron seguidos dentro del Golfo. También observamos diferencias entre las marcas. Las ballenas nadan siempre cerca del quiebre del talud continental y parecen seguir a las estructuras que viajan a lo largo de las costas de Veracruz y contrario a las ballenas, los atunes aleta azul nadan por todo el Golfo a través de diferentes frentes y remolinos. En el segundo experimento se analizaron las estructuras que resultan de campos climatológicos del exponente de Lyapunov y regiones de hábitat potencial para diferentes especies de atunes. Con

este experimento identificamos que estructuras persistentes como, la parte norte de la corriente de lazo, el giro de Campeche y el giro del noroeste son regiones de hábitat idóneo para diferentes especies de atunes. En este trabajo se dan dos perspectivas distintas de la relación entre el comportamiento de pelágicos mayores y la dinámica del Golfo de México.

SE15-28

## PLATAFORMA COMPUTACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE DATOS Y SERVICIOS GEOREFERENCIADOS

Medrano Jaimes Hernan Favio y Ronquillo Méndez Argelia  
Centro de Investigación científica y de educación superior de Ensenada Baja California, CICESE  
hmedrano@cicese.mx

Dentro del megaproyecto SENER-CIGOM se ha diseñado y desarrollado una plataforma computacional para la administración de datos y servicios georeferenciados. Esta plataforma se compone por estándares y herramientas de código abierto utilizados por sistemas de información geográfica, acoplados para proveer de la estandarización tanto para los datos como los servicios de las líneas 1, 3 y 5; lo que ha permitido y facilitado las tareas de almacenamiento, catalogado, descubrimiento, transmisión y actualización de la información mediante protocolos bien establecidos a nivel internacional, logrando con todo ello la compatibilidad intergrupala e interdisciplinaria. La plataforma es capaz de manipular y distribuir datos de diferentes características, como: puntos, series de tiempo, trayectorias, perfiles y mallas. Además, cada conjunto de datos tiene una metadata asociada, la cual permite crear una librería digital que ofrece el servicio de descubrimiento y federación de la información. Para esto hemos desarrollado un proceso en línea para la captura y recepción de los conjuntos de datos (datos y metadatos). Como el componente más atractivo tenemos la visualización en web y para esto desplegamos y adaptamos el sistema "terraijs" un esquema con el que podemos visualizar a manera de capas, los datos de la plataforma, y de proveedores externos vía servicios estándares. La principal ventaja de utilizar esta tecnología es la flexibilidad de formatos geoespaciales que podemos visualizar, como son: "Web Map Service", "GeoJson", "Cesium Language", "Keyhole Markup Language" entre otros, además de gráficos interactivos de rosas de viento, series de tiempo y perfiles verticales en puntos específicos de datos en mallas. Esta plataforma es fácilmente extensible, y con ella podemos conectarnos a servicios específicos y de alto impacto, pues utilizando este tipo de interfaces que ofrece la "terraijs" podemos intermediar con sistemas externos, API's o servicios estándares como "Web Processing Services" (estándar de la "Open Geospatial Consortium"). En este trabajo exploramos la conexión a servicios del tipo búsqueda y rescate de personas, la simulación de derrames de petróleo, o la presentación de resultados de algún análisis espacial/temporal.

SE15-29

## ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA MICROBIOTA DE LAS AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Lago Lestón Asunción, Sidón Ceseña Karla, Lopez Haydee, Chong Robles Jennyfers, Magdalena Moncayo Dante, Barcelos Clara y Covarrubias Briceida  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE  
alago@cicese.mx

El Golfo de México (GdM) es una cuenca oceánica caracterizada tanto por aguas someras como por zonas de aguas profundas que pueden alcanzar los 4000 m. Aunque ya existen algunos estudios que describen la diversidad microbiológica de la del GdM muy pocos involucran las comunidades microbianas de los sedimentos o de la columna de agua procedente de la zona más oceánica y muy pocos engloban un número tan grande de muestras. Además la mayoría de estos estudios se concentran, principalmente, en la zona norteamericana y son prácticamente inexistentes en la parte mexicana. Durante tres años consecutivos se colectaron más de 200 muestras gracias a las campañas oceanográficas XIXIMI-04, XIXIMI-05 y XIXIMI-06, así como en los cruceros de Malla Fina y Metagenómica. Con la información obtenida estamos estableciendo, una línea de base que nos permite mostrar por primera vez la abundancia y distribución de la microbiota, tanto procarionota como eucariota, que habita en zona económica exclusiva mexicana. Esta caracterización incluye la columna de agua y los sedimentos de la región oceánica y de aguas profundas del golfo. Todas las muestras colectadas se han analizado molecularmente, extrayendo el ADN total de cada muestra. A partir del ADN obtenido, se amplificó la región específica y taxonómicamente informativa del gen del ARN ribosomal y se secuenció mediante la tecnología Illumina, utilizando el secuenciador MiSeq que tenemos en CICESE. Nuestros resultados muestran, entre otras cosas, la dominancia del picofitoplancton en la zona fótica mostrando que la abundancia de procarionotas en el agua es mucho más alta de lo que se creía. También hemos observado una abundancia inusual de las comunidades de arqueas en los sedimentos, que cambian tanto con la profundidad de la columna de agua como con la profundidad de la columna sedimentaria.

SE15-30

## ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN PRIMARIA DEL PICOPLANCTON DEL GOLFO DE MÉXICO CON BASE EN EL MODELO DE CARBONO CELULAR (CBPM)

Mercado-Santana Alfredo, Lara Lara Ruben, Linacre Lorena, Mirabal-Gómez Uriel, De la Cruz-Orozco Martín, Sánchez-Robles Citlalli, Mariano-Matías Manuel y Bazán-Guzmán Carmen  
CICESE  
alfredoajms@gmail.com

Comúnmente en la modelación de la producción primaria se utiliza la clorofila a como proxy de la biomasa del fitoplancton, aunque se ha demostrado que la concentración de clorofila a intracelular puede verse afectada por estrés de fotoaclimatación y la deficiencia de nutrientes, tiene un efecto directo en la relación clorofila a biomasa (contenido de carbono intracelular). Recientemente, se ha sugerido que el uso del contenido de carbono celular como el proxy más adecuada para modelar la producción primaria. En este estudio, se utilizó el modelo basado en contenido de carbono celular (CbPM: Westberry et al., 2008) para estimar la producción primaria del picoplancton (Prochlorococcus, Synechococcus y Picoeukaryotes) de los cruceros de MMF-1, MMF-2 y XIXIMI-3 (PPpico) cuyo principio se basa en la utilización del contenido de carbono celular (CC), calculado de citometría de flujo y la tasa de división celular del picoplancton (TDC) estimado de experimentos in situ en la región de Perdido y Coatzacoalcos, parametrizado con el perfil subsuperficial de la luz y la profundidad de la zona eufótica. El análisis comparativo entre la PPpico y las estimaciones in situ (14C) mostró una relación positiva y significativa. La comparación de las estimaciones de PPpico con los datos modelados de satelitales (tasa de división celular estimada de la temperatura superficial (u) y carbono celular estimado de bbp(443)) mostró que el satélite sobreestima hasta un 30% más en comparación con los estimados in situ (PPpico). Usando estimaciones in situ del CC para el GoM nos sugiere que el modelo CbPM tiene un potencial para estimar la PPpico a una escala espacio-temporal más amplia para el GoM.

SE15-31

## CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA COMUNIDAD DE ORGANISMOS MARINOS DURANTE LAS CAMPAÑAS GOMEX 4, 5, 6 Y PREDICCIONES A FUTURO

Chi Espinola Ariel Adriano y Vega Cendejas María Eugenia  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV  
ariechiespi@gmail.com

El Golfo de México es un ecosistema que presenta una alta heterogeneidad espacial, un reflejo de ello es la variabilidad interanual en términos de biomasa, esto puede deberse a la cantidad de recursos disponibles como el alimento, zonas de refugio, condiciones hidrológicas adecuadas, entre otros. Sin embargo, eventos como la contaminación, especies invasoras o cambio climático aceleran el cambio de la estructura comunitaria a un ritmo que las especies no pueden tolerar y provocan una baja o un aumento en los grupos funcionales. El objetivo del trabajo es realizar una modelación de la estructura y función de la comunidad en tres periodos de tiempo y con base a ello, predecir la estructura en 100 años. Para ello, se realizó un análisis de balance de masas con el enfoque ECOPEATH utilizando los valores de biomasa, producción/biomasa, consumo, eficiencia ecotrófica y dietas de los principales grupos tróficos, y se generaron diagramas, tablas de impactos de grupos, valores de ascendencia y estadísticos. Posteriormente, con el programa ECOSIM se simuló en condiciones de equilibrio el estado del ecosistema a 100 años. Se observa una disminución en biomasa de todos los organismos por arriba del nivel trófico (NT) 3-4, donde reside la mayoría de los peces, omnívoros y piscívoros (Serranidae, Aulopiformes, Lutjanidae, Haemulidae, entre otros). Sin embargo, se registró un incremento en los NT 2-3 omnívoros y productores primarios como invertebrados y productores bentónicos (Mollusca, Crustacea, Cnidaria, entre otros). Lo cual nos indica un ecosistema que tiende a la estabilidad, donde los omnívoros estabilizan el sistema por sus múltiples conexiones con los demás grupos funcionales. La desaparición de pequeños grupos (Porifera, Equinodermata, Annelida) quizás se deba a que la función que desempeñan pudo ser integrada por otro grupo de mayor tamaño con mayor estabilidad. Este tipo de modelos permiten predecir la respuesta del ecosistema en condiciones estables, sin embargo ocurren fenómenos que desestabilizan ese equilibrio y de igual manera podemos predecir el comportamiento del sistema al simular estos cambios específicos.

SE15-32

## COMPOSICIÓN ELEMENTAL E ISOTÓPICA DEL CARBONO Y NITRÓGENO ORGÁNICOS EN LA COLUMNA DE AGUA LA REGIÓN DE LAS AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yéssica, Herguera Juan Carlos, Herzka Sharon, Bobadilla Doreny y Barradas Reyna  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
ycontrer@cicese.edu.mx

Se presentan las distribuciones espaciales y los perfiles en columna de agua de la concentración y composición isotópica del carbono y nitrógeno orgánico particulado

en la región de aguas profundas del Golfo de México, a partir de resultados obtenidos de 130 estaciones que se muestrearon durante las campañas oceanográficas de XIXIMI 4, 5, 6 y 7, con el objetivo de caracterizar los patrones de sus distribuciones tanto espaciales como temporales y sus relaciones con variables físicas, químicas y biológicas. Mostramos la variabilidad espacial y las abundancias relativas de carbono y nitrógeno orgánico particulado y sus composiciones isotópicas, así como la estimación de la relación C/N con la finalidad de evaluar la importancia de las distintas fuentes de carbono tanto continentales como marinas, así como determinar si el nitrógeno es de origen subsuperficial o es generado por la fijación de nitrógeno en superficie, para entender los diferentes controles de la producción biológica en superficie, así como sus procesos de transferencia y reciclado en la columna de agua en las aguas profundas del Golfo de México al S del paralelo 25°N.

## SE15-33 CARTEL

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA BIOMASA DEL FITOPLANCTON Y SU COMPOSICIÓN TAXONÓMICA ASOCIADA A CIANOBACTERIAS DIAZOTRÓFICAS TRICHODESMIUM SPP Y RICHELIA INTRACELLULARIS EN LA REGIÓN CENTRAL-SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Millán Eduardo<sup>1</sup> y Pérez Wendy Guadalupe<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
<sup>2</sup>Consortio de Investigación del Golfo de México  
 emillan@cicese.mx

Resumen Se caracterizó la estructura de la comunidad del fitoplancton a 10 y 50 m de profundidad asociado a cianobacterias diazotróficas: *Trichodesmium* spp y *Richelia intracellularis* durante el verano tardío 2015 en la región central-sur del Golfo de México (GM), con un complemento de variables físico-químicas a profundidades de superficie, 10, 20, 50, 100, 150 m. En general, la región central superficial del GM mostró características oligotróficas (30.58 °C y 36.19 ups), excepto el área frente a Campeche y sur de Veracruz donde se observaron valores altos de fitoplancton (35 x10<sup>3</sup> células L<sup>-1</sup>) y colonias de cianobacterias (1269 de 100 µm L<sup>-1</sup>). La biomasa (µg C L<sup>-1</sup>) del fitoplancton por fracción de tamaño mostró valores promedios en: nanodiatomeas (5.82) y microdiatomeas de (1.98) y con máximos de 194 y 30 (µg C L<sup>-1</sup>), respectivamente. Los diferentes grupos pigmentarios mostraron concentraciones (mg m<sup>-3</sup>) como: clorofila-a (2.0), fucoxantina (0.55), peridina (0.01), zeaxantina (0.06), divinyl chl-a (0.44), relacionándose con los principales grupos taxonómicos del fitoplancton. La determinación taxonómica promedio fue de 14 géneros de diatomeas, 11 dinoflagelados, y un silicoflagelado. Se obtuvo la jerarquización espacial del fitoplancton dominando: *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Scrippsiella*, *Oxytoxum*, *Nitzschia*, *Navicula*, y *Rhizosolenia*. Asimismo, se detectó un florecimiento de diatomeas de 100 x10<sup>3</sup> células L<sup>-1</sup> que ocurrió al sur de Tuxpan dominando los géneros *Hemiaulus* sp y *Dytilum* sp. Nuestros resultados de pigmentos-HPLC y composición taxonómica, determinaron una tendencia entre variables y una relación entre el tamaño dominante de la comunidad del GM. Se concluye, que la abundancia y distribución de los organismos diazotróficos del GM aportan evidencias como indicadores de una buena contribución a la producción primaria en zonas oligotróficas.

## SE15-34 CARTEL

### EFFECTOS DE LOS HIDROCARBUROS EN LA MERLUZA BLANCA (MERLUCCIUS ALBIDUS) DEL MAR PROFUNDO DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Alexander-Valdés Héctor M., Gracia Adolfo, Ortega-Tenorio Luz Patricia, Frausto-Castillo Antonio y Lopez-Duran Itzel  
 Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, ICML-UNAM  
 hector@cmarl.unam.mx

Efectos de los Hidrocarburos en La Merluza Blanca (*Merluccius albidus*) del Mar Profundo del Suroeste del Golfo de México Alexander-Valdés, H. M.1, Gracia A.1, Ortega-Tenorio, L. P., Frausto-Castillo, J. A. y López-Durán, I. M. 1Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Apdo. Postal 70-305 Circuito de la Investigación Científica Ciudad Universitaria México D.F., 04510 México hector@cmarl.unam.mx gracia@unam.mx patty\_orte@yahoo.com.mx flordelcampo\_5@hotmail.com lezti24@hotmail.com Se analizó la concentración de Hidrocarburos Totales en tejido muscular de peces de mar profundo de varias especies de peces capturadas durante cuatro campañas oceanográficas (SOGOM) en mar profundo del SO del Golfo de México como parte de las actividades del Consorcio CIGoM. Las muestras se obtuvieron con una red camaronera comercial (18 m de apertura de boca, 4.5 cm de apertura de malla y 1.5 cm en el copo) en arrastres de 30 minutos a 2.5 nudos de velocidad. La especie que estuvo presente en los cuatro muestreos fue la Merluza Blanca (*Merluccius albidus*) con 17 organismos capturados. El valor máximo de Hidrocarburos Totales se registró en la campaña SOGOM 1 con una concentración de 36357 µg/kg y en la SOGOM 4 con un valor de 14191 µg/kg, frente a las costas de Tabasco entre Tonalá y Machona al oeste de las plataformas petroleras. El análisis histológico de los 17 organismos de las cuatro campañas mostró que el 12% de los peces presentaron daños en el tejido de gónadas, mientras que el total de los hígados presentaron lesiones. El 63% de los hígados de peces presentaron daño severo y 37% mostraron un daño leve. Las patologías más comunes fueron: atresia, vascularización y citólisis celular que

pueden ser ocasionadas por residuos de petróleo, compuestos organoclorados, hidrocarburos aromáticos o bifenilo policlorados (PCB); así como por la cantidad de alimento. Las patologías en los hígados de los peces analizados pueden deberse tanto a la influencia de metales como de hidrocarburos por lo que se requiere continuar con estudios para determinar los agentes causantes de dichas lesiones.

## SE15-35 CARTEL

### CIRCULACIÓN ESTACIONAL Y VARIABILIDAD DEL NIVEL DEL MAR EN EL GOLFO DE MÉXICO

Pedraza Díaz Angélica, Zavala Hidalgo Jorge y Romero Centeno Rosario  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 apedraza@atmosfera.unam.mx

La variabilidad de baja frecuencia de la circulación y el nivel del mar en el Golfo de México se revisa analizando una simulación de 20 años de la circulación del área de estudio, utilizando el modelo de circulación oceánica HYCOM, forzado con forzamientos de superficie. También se analiza la evolución y variabilidad del nivel del mar a partir de información satelital de la superficie del mar, datos del mareógrafo y profundidad de la isotérmica de 20°C. Los resultados muestran que las principales contribuciones a la señal de baja frecuencia son la circulación costera, la presión atmosférica del nivel del mar y la circulación baroclínica. La última contribución es importante durante el otoño en la zona oeste del Golfo.

## SE15-36 CARTEL

### DESARROLLO DE UNA NUEVA VERSIÓN DEL SISTEMA DE PRONÓSTICO DE CIRCULACIÓN OCEÁNICA DEL GOLFO DE MÉXICO DEL GRUPO DE INTERACCIÓN OCÉANO-ATMÓSFERA (CCA-UNAM) CON EL MODELO HYCOM

Hernández Siade Alma Tatiana<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>, Olvera Prado Erick Raúl<sup>1</sup>, Moreles Vázquez Luis Efraín<sup>2</sup>, Calderón Bustamante Oscar<sup>1</sup>, Gonzalez Santamaría Raúl<sup>1</sup>, Pedraza Díaz Angélica<sup>1</sup>, Díaz García Ovel<sup>1</sup> y Romero Centeno Rosario<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
<sup>2</sup>Ciencias del mar y limnología, UNAM  
 tatiana.siade@ciencias.unam.mx

Se describe una versión mejorada del sistema de pronóstico de circulación oceánica para el Golfo de México basado en el modelo numérico HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). Este sistema tiene como base un sistema operativo previo desarrollado por el Grupo Interacción Océano-Atmósfera (IOA), al cual se le están realizando varias mejoras, entre las cuales resaltan la actualización del modelo a su versión pública más reciente (2.2.98) y el uso de forzamientos extraídos de las salidas del modelo Weather Research and Forecasting (WRF v3.9.1 o 4.1) que se generan de manera operativa en el grupo. El dominio cubre la región del Golfo de México, de 98.00° W a 76.40° W y de 18.09° N a 31.00° N. Tiene una resolución horizontal de 1/25 de grado, lo cual permite modelar tanto las condiciones de aguas profundas como las observadas en la plataforma continental y en la vertical usa 27 niveles de coordenadas híbridas. Actualmente se generan salidas para 120 horas con resolución horaria para 28 profundidades. Se está trabajando en la implementación de condiciones de frontera provenientes de un sistema de pronóstico global, así como en la incorporación de un módulo de asimilación de datos.

## SE15-37 CARTEL

### RESPUESTA DINÁMICA DEL GOLFO DE MÉXICO ANTE EL PASO DEL FRENTE FRÍO #4 DE 2007, UNA REVISIÓN AMPLIADA

Calva Chávez Miriam Alin, Zavala Hidalgo Jorge y Calderón Bustamante Oscar  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 mcalva@atmosfera.unam.mx

La dinámica del Golfo de México (GoM) está influenciada principalmente por la Corriente del Lazo (CL) y los giros de mesoescala que se desprenden de la CL y se propagan hacia el oeste. Sin embargo, el 1 viento también es un forzamiento importante en la circulación del GoM, este tiene una variación estacional, durante el verano el GoM se ve afectado por el paso de huracanes y tormentas tropicales, mientras que en invierno es afectado por tormentas provenientes del norte, comúnmente llamados "frentes fríos" o "nortes". El frente frío número 4 (FF4) de la temporada de 2007 se desarrolló entre el 22 de octubre y 2 de noviembre de 2007, generando tormentas intensas en las costas mexicanas. Al llegar el frente frío a la plataforma continental de Tamaulipas genera una corriente paralela a la costa que avanza hacia el sur. La profundidad de la capa de mezcla se modifica al paso del frente frío y en días posteriores se presentan oscilaciones inerciales en superficie y subsuperficialmente. En la zona sur de Veracruz la corriente superficial es intensa y se separa de la costa siguiendo el talud continental, esto se observa desde la superficie hasta una profundidad de 250 metros y continúa como onda de plataforma alrededor del talud continental girando en el quiebre de la plataforma de Yucatán donde disminuye su intensidad.

## SE15-38 CARTEL

### EVALUACIÓN DE LA MEZCLA POR BIODIFUSIÓN EN LOS SEDIMENTOS DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO USANDO PERFILES DE 210PB

Díaz Asencio Misael<sup>1</sup>, Herguera Juan Carlos<sup>1</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup>, Larson Rebekka<sup>3</sup> y Brooks Gregg R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>College of Marine Science, University of South Florida, US

<sup>3</sup>Eckerd College, St. Petersburg, FL, US

misael@ciencias.unam.mx

La acumulación y la mezcla de los sedimentos son parámetros principales para comprender los procesos biogeoquímicos en los sedimentos y su posible relación con las aguas de fondo. Los sedimentos en las zonas profundas del Golfo de México se caracterizan por tener niveles relativamente elevados de oxígeno disuelto. En estas condiciones la actividad biológica es significativa y juega un papel esencial en la remineralización de la materia orgánica y en la mezcla y redistribución de los constituyentes en los primeros centímetros de los sedimentos. Estos procesos de mezcla pueden ser modelados a través de la ecuación de difusión. En el trabajo se presenta la evaluación de los coeficientes de difusión por bioturbación, a partir de la evaluación de los perfiles de 210Pb en exceso (210Pb<sub>ex</sub>), en 15 núcleos de sedimentos recolectados en las zonas de aguas profundas del sur del Golfo de México (sGoM). Excepto una estación, en el resto de los núcleos se observó una disminución exponencial de los perfiles en profundidad del 210Pb<sub>ex</sub> y profundidades de equilibrio (210Pb<sub>ex</sub>=0) entre 5 y 14 cm. Los valores del coeficiente de difusión en la zona abisal estuvieron entre 20 y 50 cm<sup>2</sup>kyr<sup>-1</sup> y entre 84 y 212 cm<sup>2</sup>kyr<sup>-1</sup> en las estaciones del talud continental. No se observó una relación aparente entre las tasas de acumulación y el coeficiente de difusión. Solo en una estación de la zona abisal se observaron valores significativamente elevados asociados a una mezcla homogénea en los primeros centímetros del núcleo. Finalmente, en el trabajo se evalúa la posible relación entre los coeficientes de difusión determinados y las edades superficiales de los foraminíferos determinadas con 14C.

## SE15-39 CARTEL

### CONTRIBUCIÓN DEL VIENTO Y LOS REMOLINOS DE LA CORRIENTE DEL LAZO EN LA CIRCULACIÓN DEL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Olvera Prado Erick Raúl<sup>1</sup>, Chassignet Eric P.<sup>2</sup>, Morey Steven L.<sup>2</sup> y Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Florida State University

erick@atmosfera.unam.mx

El papel de la Corriente del Lazo (CL) y sus remolinos asociados (RCL) en impulsar la circulación en el Golfo de México (GoM) ha sido investigado a lo largo de varias décadas desde distintas perspectivas. En el presente estudio, investigamos la importancia relativa del viento y los RCL en sostener la circulación en el oeste del GoM mediante un conjunto de simulaciones numéricas con y sin forzamiento atmosférico. Primero, examinamos la contribución promedio del viento y los RCL en impulsar la circulación en tres subregiones definidas en el oeste del GoM: Noroeste (NW), Centroeste (CW) y Suroeste (SW). En segundo lugar, por medio de un balance de vorticidad analizamos la importancia relativa de los procesos físicos, incluyendo el viento, involucrados en la circulación del oeste del GoM. Se encontró que las contribuciones promedio del viento y los RCL son semi-aditivas en cada una de las sub-regiones definidas. El balance de vorticidad realizado en las aguas profundas de las tres sub-regiones muestra que la vorticidad planetaria y el stretching son principalmente responsables del balance en escalas de tiempo mayores a 14 días, y que la co-variabilidad de estos términos es un buen indicador de los RCL entrando a las regiones NW y CW. Por otro lado, la región SW es dominada por el término de stretching. Adicionalmente, nuestros resultados muestran que la advección de vorticidad y vorticidad planetaria son los términos responsables del campo de vorticidad promedio. El aporte de vorticidad a través del esfuerzo del viento es despreciable en el balance regional.

## SE15-40 CARTEL

### ATLAS METEOROLÓGICO DEL GOLFO DE MÉXICO (LÍNEA BASE)

Pineda León Roberto<sup>1</sup>, Osorio Tai Ma. Elena<sup>2</sup>, Rivera Martínez Saulo Leonardo<sup>3</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup> y Romero Centeno Rosario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

leon@atmosfera.unam.mx

El Golfo de México (GoM) juega un rol importante definiendo el estado del tiempo y el clima de México, América Central, Estados Unidos de América y del Mar Caribe. Como parte fundamental del Atlas de Línea Base Ambiental del GoM y en específico del Tomo I, el cual se refiere a la meteorología, se planteó el objetivo de obtener información de las condiciones meteorológicas que se presentan comúnmente en el área estudiada a partir de un reanálisis atmosférico, el cual proporciona información

general sobre las principales condiciones meteorológicas (incluyendo eventos de nortes y ciclones tropicales), y sobre las que influyen en diversos procesos de la dinámica oceánica, asimismo aporta información para mejorar el entendimiento del papel que juega la interacción océano-atmósfera en el área de estudio y es la base para la generación de posibles escenarios sobre la dispersión de partículas atmosféricas y oceánicas asociadas a derrames de hidrocarburos en diferentes regiones de interés dentro GoM.

## SE15-41 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN DE NORTES EN EL GOLFO DE MÉXICO DE ACUERDO CON LA INTENSIDAD DE LOS VIENTOS

Osorio Tai Ma. Elena<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>2</sup>, Pineda León Roberto<sup>2</sup> y Gómez de la Peña Ernesto Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

tai@atmosfera.unam.mx

Se presentan mapas que describen las estadísticas espaciales y temporales de los vientos asociados a los Nortes que afectan el Golfo de México. En particular los mapas de viento máximo promedio, y los percentiles 95, 90, 75 y 50. También se presentan estadísticas de duración y frecuencia de estos eventos

## SE15-42 CARTEL

### IDENTIFICACIÓN DE NORTES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Gómez de la Peña Ernesto Eduardo<sup>1</sup>, Pineda León Roberto<sup>1</sup>, Osorio Tai Ma. Elena<sup>2</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>3</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>1</sup> y Rivera Martínez Saulo Leonardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de ingeniería, UNAM

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

edyuchampi@hotmail.com

En México se denomina norte a los vientos provenientes del norte que afectan las costas mexicanas del Golfo de México (GoM) asociadas a un sistema de alta presión que se origina en las montañas rocallosas de los Estados Unidos y que se desplaza hacia el GoM. Estos eventos se caracterizan por vientos intensos y fríos (entre 20 y 118 km/h) cuya dirección predominante es del norte-noreste, su identificación es importante ya que causan un impacto importante en el clima al oeste y sur del GoM por la presencia de fuertes lluvias, la generación de vientos muy intensos que alcanzan más de 20 m/s y porque producen oleaje de hasta 5.5 m altura. En este trabajo, se desarrolló un algoritmo para la identificación de dichos eventos para el periodo 1979-2018, para ello se analizaron las salidas del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) en una malla con 10 km de resolución sobre el GoM. Se hizo una revisión de estimaciones previas del número de eventos de diversas fuentes. El algoritmo propuesto se basa en cinco condiciones para determinar si el tiempo meteorológico sobre el GoM cumple con las características de un Norte.

## SE15-43 CARTEL

### DESARROLLO DEL SISTEMA WEB PARA EL ATLAS METEOROLÓGICO DEL GOLFO DE MÉXICO PARA PLANTEAR ESCENARIOS DE DERRAMES

Pantoja Ortiz Samantha<sup>1</sup>, Silva Vega Cuauhtémoc<sup>1</sup>, Zazueta García Ixchel S.<sup>1</sup>, Herrera Moro Dulce<sup>2</sup>, Zavala Romero Olmo Sebastian<sup>2</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>1</sup>, Medina Peña Raúl<sup>1</sup>, Oropeza Alfaro Pavel Ernesto<sup>1</sup>, Camacho Gonzalez Pablo<sup>1</sup>, Pedraza Díaz Angélica<sup>1</sup>, Anguiano García Andrea Isabel<sup>1</sup> y Gutierrez Valdez Vladimir M.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>2</sup>Department of Radiation Oncology, University of Miami Miller School of Medicine

samantha.pantoja@atmosfera.unam.mx

El Atlas Meteorológico del Golfo de México (GoM) se concibe como una herramienta de consulta y análisis de las características atmosféricas sobre el GoM, de manera que el usuario tenga acceso a la información climatológica en forma amigable y sintética. Para esto se desarrolló un sistema web donde se visualizan las climatologías de variables meteorológicas a distintas escalas de tiempo, rosas de viento y escenarios de dispersión de partículas en la atmósfera asociados a derrames de hidrocarburos para sitios específicos del GoM. El sistema web está integrado por dos componentes: el sitio web del Atlas con detalles adicionales del proyecto y el sistema de visualización de información geográfica de código abierto OWGIS. La información se presenta en forma de mapas y gráficos, a partir de los cuales se pueden generar animaciones. La plataforma reúne 20,730 mapas de estadísticos de variables atmosféricas y concentraciones de partículas en distintos niveles de la atmósfera.

## SE15-44 CARTEL

**CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO A LO LARGO DE LA COSTA OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO**

Rojo de Anda Georgina, Pérez Brunius Paula, López Mariscal Manuel, Herzka Sharon y Pallás-Sanz Enric  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
 georginar030@gmail.com

El estudio de los de los flujos de gran escala cercanos a las fronteras continentales es importante ya que pueden transportar materiales suspendidos o disueltos grandes distancias. Conocer su dinámica permite evaluar si los modelos numéricos la reproducen para que puedan ser utilizados para conocer el destino de derrames de contaminantes. En el oeste del Golfo de México, en la zona comprendida desde el norte de Veracruz al sur de Texas, se tienen flujos persistentes tanto en la plataforma continental como en el talud, que en estudios anteriores se ha sugerido tienen como principal forzante al viento. En la plataforma continental, estudios con modelos numéricos sugieren que este flujo sigue la dinámica de Ekman producida por viento local, además se indica que su dirección varía estacionalmente dirigiéndose hacia el norte en verano y al sur en invierno. Por otro lado, en el talud se reporta a partir de un año de observaciones de deriva de barco que se tiene una corriente de frontera oeste que viaja siempre hacia el norte, siendo más intensa en julio y menos intensa en enero. En este trabajo, a partir de veinte años de datos de derivadores superficiales, altimetría satelital de AVISO, y anclajes con correntímetros, se obtiene la velocidad superficial promedio a diferentes escalas temporales tanto en la plataforma como en el talud. Se presentan los patrones de variación estacional. Observamos que en la plataforma de Veracruz se tiene un flujo hacia el norte en verano, mientras que en la plataforma norte de Tamaulipas el flujo es hacia el sur en invierno. Sobre el talud continental, se observa un flujo hacia el norte más intenso en verano que en invierno. Su estructura horizontal cambia a ser más angosta en verano, y con el máximo de rapidez pegado al quiebre de la plataforma, haciendo al flujo del talud y plataforma indistinguibles entre sí. En invierno, el máximo se encuentra alejado del quiebre, permitiendo distinguir a este flujo claramente del de la plataforma continental.

## SE15-45 CARTEL

**CONECTIVIDAD SUPERFICIAL COSTERA DEL GOLFO DE MÉXICO A PARTIR DE MATRICES DE TRANSICIÓN**

Rodríguez Outerelo Javier<sup>1</sup>, Pérez Brunius Paula<sup>1</sup>, Olascoaga María Josefina<sup>2</sup>, Berón Vera Francisco Javier<sup>2</sup>, Miron Philippe<sup>3</sup>, García Carrillo Paula<sup>1</sup>, Sheinbaum Julio<sup>4</sup>, Azevedo Correia de Souza Joao Marcos<sup>5</sup>, Estrada Allis Sheila Natali<sup>1</sup>, Jouanno Julien<sup>4</sup> y Zavala Hidalgo Jorge<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California, CICESE

<sup>2</sup>Universidad de Miami

<sup>3</sup>MetOcean Solutions

<sup>4</sup>IRD-LEGOS

<sup>5</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
 outerelo@cicese.edu.mx

Con el objetivo de conocer la conectividad superficial costera del Golfo de México, y en específico de la región de Perdido, se han obtenido matrices de conectividad en base a un operador de transferencia discreto o matriz de transición (representación de la dinámica mediante cadenas de Markov) que permite identificar las regiones entre las cuales se produce mayor intercambio de partículas pasivas (e.g. larvas sin comportamiento, trazador pasivo, contaminante), así como las regiones que tienden a retenerlas, así como identificar las escalas temporales a las que se produce dicho intercambio. Se han utilizado 20 años de promedios diarios de campos bidimensionales de velocidad superficial de tres modelos (HYCOM, ROMS y NEMO) para generar la base de datos de trayectorias de partículas con las que se construyeron las matrices de transición para 3 temporadas del año ("Secas", "Nortes" y "Vientos"). El área de estudio se dividió en 12 regiones costeras, y se utilizó la matriz de transición correspondiente para propagar a un trazador pasivo distribuido uniformemente en cada región, y así obtener la evolución probabilística de dicha distribución como función del tiempo. Los resultados muestran que hay baja conectividad de las regiones costeras con las profundas, independientemente de la temporada analizada, debido a la alta capacidad de retención de las regiones costeras o a la baja capacidad de exportar partículas a otras regiones. El tiempo de arribo mínimo de un trazador a regiones adyacentes es inferior a 5 días, pero en general es mayor a 20 días para las regiones más alejadas. La conectividad de Perdido con regiones costeras se produce predominantemente en dirección hacia el norte (plataforma continental de Luisiana y Texas), con una probabilidad máxima entre 25 y 35%, en un periodo de 5 a 15 días para las temporadas de "Lluvias" y "Nortes", e inferior a 5 días para la temporada de "Secas". No hay conectividad entre la plataforma continental de Perdido con las regiones costeras de la Bahía de Campeche, ni con las regiones de la plataforma oriental de Estados Unidos. Finalmente, se mostrará una comparación con matrices de conectividad obtenidas a partir del registro histórico de boyas de deriva, que abarca desde junio del 1993 hasta mayo de 2018.

## SE15-46 CARTEL

**PRONÓSTICO OPERATIVO DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Anguiano García Andrea Isabel<sup>1</sup>, Zavala Romero Olmo Sebastian<sup>2</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>3</sup>, Romero Centeno Rosario<sup>3</sup>, Oropeza Alfaro Pavel Ernesto<sup>3</sup>, Pineda León Roberto<sup>3</sup>, Rivera Martínez Saulo Leonardo<sup>3</sup>, Osorio Tai Ma. Elena<sup>4</sup> y Meza Carreto Jaime<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de ciencias, UNAM

<sup>2</sup>Departamento de Radiación Oncológica, Universidad de Miami

<sup>3</sup>Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM

<sup>4</sup>Facultad de ingeniería, UNAM

andrea\_anguiano@ciencias.unam.mx

Los derrames de petróleo en el mar tienen el potencial de dañar seriamente los ecosistemas marinos y las poblaciones cercanas a ellos, estos ponen en peligro la salud pública, el agua potable, destruyen los recursos naturales y afectan la economía. Conocer el destino del petróleo en el mar es la clave para una rápida respuesta y una mejor planificación, por lo cual es imprescindible contar con herramientas para la modelación y el pronóstico de estos eventos. En este trabajo se presenta un pronóstico operativo de derrames de hidrocarburos en el Golfo de México. Este pronóstico se realiza con la herramienta de modelado PyGnome, desarrollada por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), en la Oficina de Respuesta y Restauración (ORR), que está diseñada para modelar derrames de petróleo y otros materiales peligrosos en el entorno costero. El pronóstico utiliza datos de vientos del pronóstico operativo con el modelo Weather Research and Forecasting Model (WRF) del grupo Interacción Océano-Atmósfera (IOA) del Centro de Ciencias de la Atmósfera y datos de las corrientes oceánicas del pronóstico para el Golfo de México del modelo Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM).

## SE15-47 CARTEL

**CONDICIONES REDOX EN LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO DE MÉXICO**

Abella Gutiérrez Jose Luis, Díaz Asencio Misael, Contreras Pacheco Yéssica y Herguera Juan Carlos  
 Centro de investigación científica y educación superior de Ensenada, CICESE  
 joseluisabella@gmail.com

Las zonas profundas del Golfo de México se caracterizan por tener niveles relativamente elevados de oxígeno disuelto, tanto en las aguas de fondo como en los sedimentos. Estudios recientes muestran amplias variaciones en las tasas de sedimentación en diferentes ambientes del Golfo de México (GM), pero se conoce poco cómo esas diferencias puede afectar a las condiciones redox de los sedimentos. La explosión del Deepwater Horizon en el norte del Golfo aumentó la acumulación y composición del material sedimentado con cambios significativos en las condiciones redox de los sedimentos de la zona afectada. Estos resultados demostraron la necesidad de comprender las variaciones naturales de las condiciones redox en la región sur que nos permita identificar y evaluar eventuales desastres en zonas asociadas a la extracción y transporte de hidrocarburos. Este reporte analiza los cambios redox en los sedimentos de nueve núcleos obtenidos en la campaña de XIXIMI-7 mediante el uso de imágenes de alta resolución, concentraciones elementales obtenidas por análisis de Fluorescencia de Rayos-X, y con mediciones directas del potencial de reducción (Eh). También se discute cómo estos cambios están relacionados con las tasas de sedimentación, los procesos de bioturbación, la circulación oceánica y presencia de carbonatos

## SE15-48 CARTEL

**COMPOSICIÓN ELEMENTAL E ISOTÓPICA DE LOS SEDIMENTO EN LOS TALUDES Y LLANURA ABISAL DEL GOLFO DE MÉXICO**

Contreras Pacheco Yéssica, Herguera Juan Carlos, Ferreira Bartrina Vicente, Bobadilla Doreny y Nava Cinthya  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 ycontrer@cicese.edu.mx

Se presentan las distribuciones y variabilidad espacial del primer centímetro y el promedio de los primeros cinco centímetros del sedimento de los taludes y llanuras abisales del Golfo de México, obtenidos a partir de 68 núcleos extraídos durante las campañas oceanográficas de XIXIMI 1-2-3-4-5-6 y 7, con el objetivo de caracterizar su geoquímica elemental y su composición isotópica para comprender la importancia de los procesos que controlan su abundancia y distribución. Los resultados muestran la variabilidad de las abundancias relativas de carbono y nitrógeno orgánico particulado y sus composiciones isotópicas, la relación C/N, el porcentaje de carbonatos y el porcentaje del componente terrígeno tanto espacial como temporalmente. Se utilizaron las concentraciones de estos componentes para determinar los patrones de distribución de los carbonatos y terrígenos. La determinación del carbono orgánico particulado y su composición isotópica se ha realizado con el objetivo de caracterizar la importancia de los controles transferencia al fondo de la cuenca, su utilización y preservación en la región de aguas profundas del Golfo de México al S del paralelo 25°N, mientras que la concentración de nitrógeno y sus composiciones isotópicas nos puede ayudar a dilucidar los procesos

biológicos y químicos en los primeros centímetros de sedimento. Los resultados de este estudio muestran como la variabilidad de las tasas de sedimentación ayudan a explicar las distribuciones relativas de los componentes lito- y biogénicos más importantes observados en los sedimentos del talud continental y abisales del golfo de México.

## SE15-49 CARTEL

### IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FRENTES FRÍOS Y ANÁLISIS DE SU EFECTO SOBRE LAS CORRIENTES COSTERAS EN EL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

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

En el Golfo de México, la circulación atmosférica anticiclónica asociada a un frente frío ocasiona vientos intensos con dirección sur, conocidos como eventos de Norte. Actualmente existe limitada información acerca del efecto que tienen los Nortes en la circulación costera. Este trabajo tiene como objetivo identificar y clasificar eventos de Nortes y determinar su efecto sobre las corrientes de la costa de Perdido entre noviembre 2016 y septiembre 2018. Para identificar los Nortes se utilizan mediciones de estaciones meteorológicas y datos de ERA-Interim. Se define un Norte cuando ocurre una diferencia de presión atmosférica superior a 8 mb entre la península de Yucatán y el norte de Texas y una disminución en la temperatura del aire mínima de 4 °C con vientos provenientes del norte (270 ° a 45 °) con velocidades máximas sostenidas superiores a 10 ms<sup>-1</sup> durante al menos 6 h. Una vez identificados los nortes, se realiza una clasificación a través de un análisis multivariado, con el fin de categorizar los eventos en función de su duración e intensidad. Por último, se utilizan mediciones del perfil de las corrientes costeras obtenidas a través de 6 ADCPs (perfiladores acústicos tipo Doppler) ubicados aproximadamente a 20 m de profundidad entre las localidades de Port Aransas y Port Isabel en la costa del sur de Texas. Se analizan las corrientes medidas a lo largo de la costa para cada tipo de Norte identificado y se describe detalladamente la circulación costera generada por cada tipo de frente frío.

## SE15-50 CARTEL

### REGIONALIZACIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO CON BASE EN FLUJOS DE AGUA SUPERFICIAL ENTRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL Y LA REGIÓN PROFUNDA

González Rejón Joana Julieta, Pérez Brunius Paula, Herzka Sharon y Sheinbaum Julio  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE  
jgonzalezrej@cees.edu.mx

El intercambio de propiedades entre el agua de la plataforma continental y la de la región profunda ocurre principalmente debido a inestabilidades y flujos ageostroficados perpendiculares a las isobatas. Aunque generalmente este tipo de flujos que favorecen la entrada (salida) de agua a la (hacia) plataforma continental (la región profunda) son débiles, llegan a tener importantes implicaciones ecológicas debido a que logran transportar larvas, nutrientes y contaminantes de la zona costera hacia la región de aguas profundas y/o viceversa. Sin embargo, esta componente de la circulación ha sido poco estudiada debido a que no es fácil su medición. En este trabajo se utilizaron las velocidades proyectadas en la dirección del gradiente de la batimetría de observaciones superficiales de corrientes anclados (2007-2016) y derivadores superficiales (1993-2018). El objetivo fue caracterizar las regiones en las que se observan flujos de entrada/salida de agua hacia/de la plataforma continental y las temporadas en las que son más comunes. En conjunto con los promedios temporales, se desarrolló una metodología que permite un análisis lagrangiano, en el que se calculan las proporciones de entradas/salidas por regiones y se obtiene una razón que permite obtener una dirección de intercambio preferencial (hacia dentro o fuera de la plataforma). Se presentarán las conclusiones más relevantes de la regionalización con base en los resultados de ambas metodologías con énfasis en las regiones que destacan por favorecer el intercambio entre la plataforma y la región profunda del golfo.

## SE15-51 CARTEL

### HIDRODINÁMICA DE LAS DESEMBOCADURAS DE PORT ARANSAS Y SOUTH PADRE EN LA LAGUNA MADRE, SUR DE TEXAS

Domínguez Guadarrama Alejandro<sup>1</sup>, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia<sup>2</sup>, García Nava Héctor<sup>2</sup>, Enríquez Ortiz Cecilia<sup>1</sup>, Pérez Huesca Rogelio Arturo<sup>2</sup> y López Castillejos Julio<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California  
<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
adomingu@cicese.mx

La zona de Perdido se caracteriza por la presencia de pozos petroleros en aguas profundas, y su explotación puede generar derrames que alcancen las costas del oeste del Golfo de México. En este trabajo se estudia la circulación de las dos desembocaduras más importantes de la Laguna Madre en el sur de Texas (Port

Aransas y South Padre) a través de mediciones hidrodinámicas e hidrográficas colectadas durante una campaña intensiva realizada de forma concurrente en ambas desembocaduras. Las mediciones se realizaron del 22 al 26 de agosto de 2018 durante tres ciclos completos de mareas vivas y comprendieron perfiles de temperatura y salinidad con CTD y de velocidad por capas de 0.2 m a través de ADCPs (perfiladores acústicos tipo Doppler) anclados y fijados a la embarcación. Se analizan las corrientes medidas cada 2 h durante los 3 ciclos de marea a través de varias secciones perpendiculares y longitudinales al canal de navegación. Existen flujos intensos en ambas desembocaduras con velocidades máximas que exceden 1 ms<sup>-1</sup>, y las corrientes medidas fueron mayores en Port Aransas que en South Padre. Durante el periodo de mediciones en agosto se detectaron flujos de agua cálida y menos salada hacia el exterior de la laguna en ambas desembocaduras.

## SE15-52 CARTEL

### ANNUAL- TO DECADAL-SCALE SEDIMENTATION PATTERNS OFF NW CUBA OVER THE PAST ~100 YEARS

Jimenez Reyes Debanhi<sup>1</sup>, Larson Rebekka<sup>1</sup>, Brooks Gregg R.<sup>1</sup>, Giles Jacob D.<sup>1</sup>, Stamper Mathias J.<sup>1</sup>, Chernoch Sophia K.<sup>1</sup>, Veldman Renee I.<sup>1</sup>, Schwing Patrick<sup>2</sup>, Martinez-Suarez Adrian<sup>3</sup>, Diaz Asencio Misael<sup>4</sup>, Armenteros Maickel<sup>5</sup> y Hollander David<sup>6</sup>  
<sup>1</sup>Eckerd College  
<sup>2</sup>USF/Eckerd College  
<sup>3</sup>Center for Marine Research, University of Havana, Cuba  
<sup>4</sup>Center for Environmental Studies of Cienfuegos - Cienfuegos, Cuba, Center for Scientific Research and Higher Education - Ensenada, Mexico  
<sup>5</sup>Institute of Ocean Sciences and Limnology, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>6</sup>University of South Florida, College of Marine Science  
djimene@eckerd.edu

Sediment cores collected off Northwest Cuba were analyzed for sediment texture, composition and geochronology to investigate annual- to decadal-scale environmental changes over the past ~100 years. Mineral composition, determined by XRD, of the core collected off Havana, showed sediments consist primarily of aragonite and calcite, with subordinate Mg-calcite and quartz. The core shows a significant change in sedimentation patterns over the past ~10 years, while remaining relatively stable over the previous ~90 years. Specifically, sediments over the past ~10 years become coarser (increase in sand and gravel) exhibit an increase in quartz and a decrease of Mg-calcite, and an increase in mass accumulation rate (MAR), over the previous ~90 years. This pattern reflects a potential increase of coastal run-off of island-derived sediments over the past ~10 years. Although still a work in progress, sediments to the west of Havana continue to reflect a more marine influence with no detectable recent increase in island run-off.

## SE15-53 CARTEL

### MODELO DE CAJAS PARA EL OXÍGENO DISUELT EN LA REGIÓN DE AGUAS PROFUNDAS DEL GOLFO DE MÉXICO

Quintanilla Terminel Jose Gerardo, Herguera Juan Carlos, Diaz Asencio Misael y Sheinbaum Julio  
Centro de investigación científica y educación superior de Ensenada, CICESE  
jquintan@cicese.edu.mx

Estudiar la variabilidad del oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>) en el Golfo de Mexico (GM) puede aportar información para entender procesos físicos y biogeoquímicos de esta región oceánica. Utilizando datos obtenidos de cruceros y boyas ARGO se realizó un modelo de cajas para estudiar las entradas y salidas de oxígeno disuelto al GM. Se evalúa el balance generado por los distintos procesos, cuya intensidad produce la variabilidad espacio temporal de la concentración de O<sub>2</sub> observada en diferentes capas de agua del GM. El modelo tiene 4 capas en profundidad: La capa de mezcla donde hay variaciones estacionales, los principales procesos son la ventilación de O<sub>2</sub> dependiente de la temperatura y del esfuerzo del viento, el aporte de O<sub>2</sub> por productividad primaria que depende de la cantidad de nutrientes y la remineralización de materia orgánica producida. La masa de agua de los 18 grados, sin ventilación esta capa presenta la máxima respiración neta dentro del GM, pero también la mayor variabilidad por los flujos de entrada de agua proveniente del Caribe. Las aguas centrales e intermedias, donde se encuentra el mínimo de O<sub>2</sub> y se evalúa el balance entre la entrada de agua oxigenada y la respiración de la materia orgánica que cae desde la superficie. Las aguas profundas donde la poca variación espacial y temporal implica un importante balance entre la respiración en la columna de agua y en los sedimentos y la probable entrada esporádica de aguas profundas. Además se evalúa la posible conexión entre las capas por medio de procesos de mezcla vertical y de difusión.

SE15-54 CARTEL

### EVALUACIÓN METEOROLÓGICA DEL PRONÓSTICO OPERACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL GOLFO DE MÉXICO

García Agustín<sup>1</sup>, Turrent Cuauhtémoc<sup>2</sup> y Almanza Victor<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
agustin@atmosfera.unam.mx

El sistema de pronóstico operativo de calidad del aire para el Golfo de México se implementó en Noviembre de 2018 utilizando el modelo químico de transporte de última generación WRF-Chem. La química atmosférica se resuelve con el mecanismo RADM2 y la componente meteorológica utiliza los campos a 0.5° del modelo GFS casi en tiempo real. Las emisiones incluyen el Inventario Nacional de Emisiones de México (INE) de 2014, el INE de Estados Unidos 2011, las emisiones globales de barcos CAMS y las emisiones biogénicas se resuelven en línea. En este trabajo se presenta la evaluación del pronóstico operacional para variables meteorológicas en superficie durante las temporadas de invierno, primavera y verano de 2019. Estas variables incluyen la temperatura a 2m, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. La evaluación se realizó con el Unified Post-Processor (UPP) de NCEP y el paquete Model Evaluation Tools (MET) de NCAR, utilizando las observaciones en superficie en formato PrepBuf (base de datos DS337.0) de NCAR. Gráficas y estadísticas adicionales se obtuvieron con la librería openair del paquete R. Los resultados muestran un desempeño relativamente bueno del modelo para representar estas variables tanto en tierra como en océano.

SE15-55 CARTEL

### ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA ICTIOFAUNA EN EL CINTURÓN PLEGADO PERDIDO

Vega Cendejas María Eugenia, Chi Espinola Ariel Adriano, Hernandez Mirella, Blanqueto María, Acosta Alex, Uribe Mariana y Zavala Sergio  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV  
maruvega@cinvestav.mx

La zona marina costera es un ambiente altamente variable por sus condiciones hidrológicas y geomorfológicas. Por otra parte, la zona profunda (+ 1000 mts) presenta condiciones hidrológicas extremas, por lo que las especies en ambos ambientes presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas particulares. El objetivo del trabajo es elaborar un listado de grupos tróficos de peces con la mayor biomasa en el Cinturón Plegado de Perdido, e identificar sus dietas para establecer si existe competencia o predación entre ellos. Para ello, se realizaron tres campañas oceanográficas (2016-2018). Los peces se colectaron en la zona costera y profunda utilizando una red de arrastre camaronesa y red trineo bentónico abordo del buque oceano oceanográfico "Justo Sierra". Los ejemplares se identificaron y se calculó la biomasa por especie en gr/10002. Posteriormente se realizó el análisis de contenido estomacal mediante la técnica de área y se calculó el Valor de importancia relativa. Para su análisis, las especies se dividieron en dos zonas: somera (0-900 m) y profunda (1000 - 3500 m). Se registraron 18 grupos de especies en la zona somera, donde el orden de los Pleuronectiformes, Spariformes y Scorpaeniformes son los de mayor biomasa, con 1473.9, 782.4 y 701.1 gr/10002 respectivamente. En la zona profunda se registraron 9 grupos, donde los Anguiliformes, Gadiformes y Stomiiformes poseen la mayor biomasa con 18.4, 13.3 y 7.1 gr/10002 respectivamente. Los ordenes que se comparten entre ambas zonas son Anguiliformes, Gadiformes, Aulopiformes, Trachiniformes y Lophiiformes. Sin embargo, difieren en cuanto la composición de especies. Dentro de las presas principales, se registraron peces, crustáceos y Materia animal no identificada con valores de 83.9, 69.6 y 60.7 %. Se registró una alta competencia y predación por los recursos disponibles en la zona de perdido, tanto en la zona somera como la profunda, donde se registran especies ictiofagas en la zona profunda, con alta competencia por la escasa biomasa, presentando para ello adaptaciones anatómicas que permiten un mayor éxito en su alimentación.

Sesión especial

# **RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL**

Organizadores:

Arturo Iglesias

Denis Legrand

Marco Calo

SE16-1

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CALDERA DE LOS HUMEROS

Granados Iván<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>1</sup>, Figueroa Soto Ángel<sup>2</sup>, Angulo Joel<sup>1</sup> y Jousset Philippe<sup>3</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo<sup>3</sup>GFZ Potsdam, Alemania  
igyota@gmail.com

Dentro del marco de colaboración internacional entre México y la Unión Europea (consorcio GEMex) para el desarrollo de energía geotérmica, se llevaron a cabo diversas campañas de exploración geológica, geoquímica y geofísica en los campos geotérmicos de Los Humeros (Puebla), un sistema súper-caliente ( $T > 350^\circ\text{C}$ ), de poca permeabilidad y baja relación agua-vapor, cuya capacidad instalada actualmente es de 94 MW. Con el fin de apoyar en una mejor construcción del modelo conceptual del sistema, es necesario comprender de la relación estructural del edificio del volcán, la fuente de calor, y las zonas de descarga y recarga del reservorio; esto ayudaría a una explotación más eficiente del recurso geotérmico. Una herramienta útil es la obtención de imágenes sísmicas a partir de tomografía de ruido ambiental. Para esto, se realizó una campaña de monitoreo sísmico con 45 estaciones dentro y fuera de la caldera. Esta red constó de 25 sismómetros de banda ancha y 20 de periodo corto, registrando continuamente desde julio de 2017 hasta octubre de 2018 (440 días). Para la construcción de los modelos de tomografía sísmica se implementó un protocolo de trabajo que consistió en una evaluación y control de calidad de los datos, que incluye: 1) corrección de la orientación de los sensores por medio de la polarización de ondas de cuerpo y superficiales de sismos regionales y telesismos, 2) evaluación de la sincronización de las estaciones y la eventual corrección de tiempo a partir de las funciones de cross-correlación que lo requieran, y 3) la calidad de las Funciones de Green obtenidas, analizando la directividad de las fuentes de ruido, distancia inter-estaciones y la emergencia de las ondas superficiales en función del tipo de sensor usado. La construcción de las Funciones de Green se hizo para las tres componentes (Z, R, T). Para el picado de las curvas de dispersión se utilizó un sistema basado en el análisis de los datos en el dominio del tiempo y la frecuencia, con un programa desarrollado ad hoc (NDCP, Granados, et al., 2019). Con las curvas de dispersión obtenidas se calcularon los mapas 2D de velocidad de dispersión con el método propuesto por Barmin (2001), los cuales se invirtieron a profundidad con un método por gradientes para obtener el modelo 3D. Este trabajo fue desarrollado dentro del marco del consorcio México - Unión Europea GeMEX (Cooperation in geothermal energy research Europe-Mexico, PT5.2 N: 267084, financiado por CONACYT-SENER: S0019, 2015-04).

SE16-2

## MODELO DE VELOCIDAD 3D ANISÓTROPO DEL CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, USANDO TOMOGRAFÍA DE RUIDO AMBIENTAL

Granados Iván<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>1</sup>, Figueroa Soto Ángel<sup>2</sup>, Perton Mathieu<sup>3</sup> y Jousset Philippe<sup>4</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, Unidad Morelia<sup>4</sup>GFZ Potsdam, Alemania  
igyota@gmail.com

La red de monitoreo sísmico de la caldera de Los Humeros, perteneciente al consorcio GEMex (colaboración internacional entre México y la Unión Europea), fue empleada para la determinación de la estructura interna de este sistema geotérmico. Para esta red se instalaron 45 estaciones sísmicas (25 banda ancha, 20 periodo corto) registrando ruido ambiental continuamente por más de un año. En este trabajo se muestra el modelo 3D anisótropo de ondas de corte (VS) obtenido usando la técnica de tomografía de ondas superficiales reconstruidas con el análisis del ruido ambiental. De cada uno de los diferentes tipos de velocidades (grupo y fase, de ondas de Rayleigh y Love) se obtuvieron aproximadamente 600 curvas de dispersión entre 0.5 y 9 s. Posteriormente se calcularon los mapas 2D de velocidad de dispersión. Finalmente, se hizo la inversión en profundidad empleando un método de gradiente para construir el modelo 3D anisótropo de los primeros 7 km de profundidad. Los modelos resultantes muestran que los patrones observados en la parte somera concuerdan con los obtenidos de otras metodologías (método magnetotérmico, tomografía de sismos, gravimetría, etcétera). A mayor profundidad, se pudieron iluminar cuerpos con velocidades anómalas, que podrían ser asociados a la fuente de calor que alimenta al reservorio. Este trabajo fue desarrollado dentro del marco del consorcio México - Unión Europea GeMEX (Cooperation in geothermal energy research Europe-Mexico, PT5.2 N: 267084, financiado por CONACYT-SENER: S0019, 2015-04).

SE16-3

## INTERFEROMETRÍA DE CODA SÍSMICA EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL, AÑOS 2012-2013

Díaz Alcántara Delma, Reyes Pimentel Thalía Alfonsina y Cárdenas-Soto Martín

UNAM

delma\_2510@hotmail.com

La Interferometría Sísmica de Coda es una técnica reciente que ha sido implementada como parte del monitoreo volcánico en diferentes partes del mundo. Esta técnica permite extraer la respuesta del medio (Función de Green Empírica) a partir de la correlación cruzada del ruido sísmico ambiental registrado en un par de estaciones. El análisis de la coda de dicha función permite cuantificar cambios relativos del subsuelo antes de un episodio volcánico. En este trabajo, analizamos datos sísmicos registrados durante los años 2012 y 2013 en cuatro estaciones triaxiales de banda ancha ubicadas en el volcán Popocatepetl, con el fin de cuantificar las posibles variaciones de velocidad (estimadas por el factor  $dv/v$ ) en el volcán. Obtenemos estimaciones para diferentes componentes de la función Green y los confrontamos con registros de actividad sísmica (eventos Lp) y precipitación acumulada (mm/día). Se observa que el incremento en la actividad sísmica es inversamente proporcional a los decrementos del factor  $dv/v$  (estados de relajación). Los cambios relativos que observamos siguen un consenso; éstos son sensibles al aumento de la presión de los fluidos presentes en los conductos del volcán. Cuando estos cambios están asociados con la actividad hidrológica, la influencia de dicha actividad es mayor en las componentes verticales.

SE16-4

## EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS GEOTÉRMICOS DEL VOLCÁN STROMBOLI, ITALIA MEDIANTE EL MAPEO DE VARIACIONES DE VELOCIDAD SÍSMICA RELACIONADAS A CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

López Mazariegos Erik Alberto<sup>1</sup>, Calò Marco<sup>1</sup>, Tramelli Anna<sup>2</sup> y Orazi Massimo<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV  
der\_dunkelheit@hotmail.com

Los sistemas hidrotermales existentes en zonas volcánicas activas se encuentran bajo los efectos de diversos fenómenos sísmicos. Se ha visto que los sistemas hidrotermales son más susceptibles a cambios en la velocidad del campo de ondas sísmicas debido a fenómenos que modifican el estado de esfuerzos de la zona. Ya que las variaciones en la actividad volcánica involucran movimientos de masa y, por consecuencia, cambios en el estado de esfuerzos de la zona, en este trabajo se estudió la relación entre los cambios de la actividad volcánica y su efecto sobre el comportamiento de las variaciones de velocidad del campo de ondas sísmicas del volcán Stromboli de Italia. En este estudio se analizó el lapso comprendido entre el 2010 y el 2013 del cual se utilizaron los registros sísmicos continuos de 15 estaciones de banda ancha instaladas en el volcán Stromboli, y parámetros relacionados con la actividad volcánica como los registros de amplitud de tremor, número y amplitud de eventos de periodo muy largo (VLP), número de deslizamientos de material y el flujo de CO<sub>2</sub> medido en la cima del volcán. A partir de la correlación cruzada de los registros sísmicos se obtuvo la Función de Green (FG) de cada día para cada par de estaciones. Con estas FG se calculó la variación de velocidad mediante el método Moving Window Cross Spectrum. Se obtuvieron las curvas de variación de velocidad para cada par de estaciones las cuales fueron usadas para regionalizar estas variaciones de velocidad durante los periodos donde los parámetros de actividad volcánica presentaron las variaciones más importantes. Mediante estas regionalizaciones se pudo observar que en la zona central y noreste del volcán se presentan las variaciones más fuertes de hasta  $\pm 1\%$ . Esta zona concuerda con la ubicación del sistema hidrotermal ubicado mediante otras técnicas geofísicas y geoquímicas, lo cual indica que el análisis de las variaciones de velocidad puede ser una herramienta útil para localizar zonas con potencial geotérmico en campos volcánicos. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT: IA100618

SE16-5

## EL USO DE AUTOCORRELACIONES DE RUIDO SÍSMICO PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE LA ESTRUCTURA CORTICAL EN AMBIENTES TECTÓNICOS COMPLEJOS

Iglesias Arturo<sup>1</sup>, Schimmel Martin<sup>2</sup> y Castro Artola Óscar Alberto<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra Jaime Almera, CSIC<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas  
arturo@geofisica.unam.mx

La autocorrelación de ruido sísmico contiene información valiosa acerca de la estructura que se ubica por debajo de la estación de registro. Diversos estudios se han llevado a cabo, a diferentes escalas, para determinar el doble tiempo de viaje de propagación entre la estación y diversas interfases acústicas (llamado TWT: Two way time). El TWT es proporcional a la profundidad de las interfases la cual

puede ser determinada si se tiene información adicional acerca de la velocidad de propagación del medio. Si bien la autocorrelación puede ser una herramienta muy útil, la presencia de los lóbulos laterales de la función de autocorrelación puede causar incertidumbres importantes en la determinación de los "picos" asociados a las interfases acústicas. En este trabajo se propone una estrategia alternativa de procesamiento que reduce, sustancialmente, la influencia de los lóbulos laterales de la autocorrelación en la determinación de los "picos" asociados a dichas interfases. El método es aplicado a datos del experimento MASE y como resultado se obtiene un perfil de la discontinuidad de Mohorovičič para un transecto que corre de la costa del pacífico (Acapulco, Gro.) hasta la planicie costera del Golfo de México (Tempoal, Ver.). El TWT puede ser una valiosa información que complementa otras observaciones geofísicas independientes ya que puede disminuir la no-unicidad en los problemas de inversión de la estructura de velocidades. En particular, en este trabajo mostramos como el conocimiento del TWT asociado a la discontinuidad de Mohorovičič puede ayudar a reducir la incertidumbre, para periodos largos, de la inversión de curvas de dispersión a escala regional.

SE16-6

### REFLEXIÓN SÍSMICA EN EL NORTE DE MÉXICO MEDIANTE EL MÉTODO DE INTERFEROMETRÍA DE VIBRACIONES SÍSMICAS AMBIENTALES

Vergara Huerta Filiberto<sup>1</sup>, Aguirre González Jorge<sup>2</sup> y Ávila Carrera Rafael<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>3</sup>Instituto Mexicano del Petróleo  
filiberto.igf@gmail.com

Este trabajo muestra la respuesta sísmica en reflexión obtenida a través del método de interferometría de vibraciones sísmicas ambientales en combinación con las técnicas de reflexión sísmica convencional CMP (Common Mid Point) y NMO (Normal Move Out). La zona de estudio se localiza en el norte de México y tiene como objetivo final evaluar la aplicabilidad de la sísmica pasiva en la exploración de yacimientos no convencionales. La adquisición de los bloques de datos de vibraciones sísmicas ambientales fue realizada por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) a través de arreglos semi-rectangulares de geófonos multi-componente con respuesta instrumental de 10 Hz. La distancia "in-line" entre geófonos fue de 40 m mientras que en "cross-line" fue de 280 m, los registros se tomaron a una tasa de muestreo de 500 m.p.s durante un tiempo de registro total de 6 horas. Los resultados muestran la respuesta en reflexión para distintas líneas de geófonos en las direcciones "in-line" y "cross-line" en las cuales se han identificado eventos coherentes en la banda de frecuencias de 10-20 Hz, mismos que han sido interpretados como reflectores asociados a ondas P. Los valores de relación señal ruido, coeficiente de simetría de forma de onda y percentiles de amplitud han servido como criterios de clasificación y control de calidad de la función de Green durante la implementación del método de interferometría.

SE16-7

### ANÁLISIS DE VELOCIDADES DE PARTÍCULA GENERADAS DURANTE EL HINCADO DE PILOTES DE ACERO CON MAQUINARIA DE IMPACTO

González Ramírez Zianya Xarény, Rocha Carrillo José Alberto y Flores López Francisco Alonso

Ingenieros Geotecnistas Mexicanos S.C.  
zianya.gonzalez@igmexico.com

De la revisión documental realizada, se encontró escasa literatura referente al daño que generan las vibraciones mediante el uso de maquinaria cercanas a edificaciones, aunado a que en México no existe normativa sobre este tema, se emplean códigos internacionales. En la práctica ha surgido la necesidad de establecer metodologías y parámetros para el estudio del nivel de vibración producido por efecto de maquinaria, ya sea por un movimiento vertical generado por hincado de pilotes o durante la detonación de un explosivo, entre otros. Cabe mencionar, que cualquier fuente generadora de energía, crea ondas longitudinales como de corte. Por lo que es importante estudiar el efecto de la onda de cortante, cuyo impacto está directamente asociado al daño en las estructuras. El objetivo principal de este trabajo es el estudio de la velocidad de la partícula a través de diferentes tipos de suelos, por medio de mediciones en campo, empleando como fuente únicamente el hincado de viguetas de acero usadas durante la ricimentación de estructuras, en zonas densamente pobladas. Tomando tres casos de estudio reales en diferentes zonas de la Ciudad de México. Con base en los resultados de las pruebas, se realizan comparaciones con las normativas internacionales aplicables respecto a la maquinaria empleada, proponiendo un esquema en los rangos de tolerancia por vibración y en función de factores como, el tipo de suelo, el efecto en la distancia de la fuente a la estructura, el tipo de vibraciones, transitorias o continuas, la duración de las vibraciones, la resistencia de los materiales que constituyen la estructura, la calidad de la construcción, factores que son referidos en las normas aplicables. Finalmente, se sugiere una metodología a seguir durante la medición del nivel de vibraciones que pudieran afectar estructuras cercanas y su comparación con normatividades, así como algunas recomendaciones para el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados.

SE16-8

### NIVELES DE RUIDO SÍSMICO EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Ramírez Ramos Erik E.<sup>1</sup>, Vidal Villegas José Antonio<sup>2</sup>, Nuñez Leal M. Alejandra<sup>2</sup>,

Ramírez Hernández Jorge<sup>1</sup>, Mejía Trejo Adán<sup>1</sup> y Rosas Verdugo Eliana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
ramirez.erik@uabc.edu.mx

A partir de registros continuos, obtenidos por estaciones de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), llevamos a cabo un análisis de los niveles de ruido sísmico en el norte de Baja California. El propósito fue caracterizar el espectro de ruido para cada estación en función del tiempo. Las estaciones de RESNOM están ubicadas en el ambiente sedimentario del Valle de Mexicali (VM) y en el ambiente granítico de las Sierras Peninsulares de Baja California (SPBC), ambos pertenecientes al norte de Baja California. Para la caracterización del ruido sísmico ambiental usamos la técnica de Peterson quien propuso, en 1993, utilizar la Densidad Espectral de Potencia (PSD, por sus siglas en inglés). A partir de nuestros resultados podemos decir que los niveles espectrales de ruido para el VM son mayores que los correspondientes a las SPBC para periodos menores a 1 segundo. A estos periodos, los niveles espectrales de ruido para el VM son comparables con los indicados en la curva de ruido alto (NHNM, por sus siglas en inglés) propuesta por Peterson. En contraste los niveles de ruido para las SPBC están comprendidos entre las curvas de ruido alto y bajo (esta última, NLNM, también propuesta por Peterson). Para periodos entre 1 y 10 segundos los niveles espectrales de ruido tanto para el VM como para las SPBC están comprendidos entre las curvas NHNM y NLNM. Para periodos mayores a 10 segundos, los niveles espectrales de ruido del VM y las SPBC tienden hacia la curva NHNM. También observamos variaciones diarias del ruido de período corto relacionadas con la actividad humana, esto es, niveles de ruido altos a períodos menores a 1 s durante el día en una estación en la ciudad de Mexicali. Por otro lado, no observamos influencia de las variaciones en el nivel del mar del Océano Pacífico en la PSD de las estaciones del norte de Baja California.

Sesión especial

# **ESQUEMAS EMERGENTES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA**

Organizadores:

Alejandro Hinojosa  
Sergio Arregui

SE17-1

## LA IMPORTANCIA DE LIDAR Y FOTOGRAMETRÍA EN LA SOLUCIÓN DE LOS GRANDES RETOS METROPOLITANOS EN MONTERREY (MOVILIDAD, ÁREAS VERDES Y GESTIÓN DE RIESGOS)

Yépez Rincón Fabiola Doracely, Ferriño Fierro Adrián Leonardo,  
Ramírez Serrato Nelly Lucero y Aguilar-Treviño Carlos  
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL  
fabiola.yepz@gmail.com

El acelerado crecimiento de la población vulnera cualquier tipo de sostenibilidad en el desarrollo urbano, más aún, cuando las decisiones son tomadas con información deficiente. Las técnicas LIDAR y fotogrametría forman parte de los nuevos sistemas emergentes para la observación del territorio. Estos sistemas permiten la obtención rápida y oportuna de información necesaria para la solución de múltiples problemáticas a las que se enfrentan las zonas metropolitanas. En las grandes urbes, observar el territorio significa prestar atención a la infraestructura de vivienda, eléctrica, hidráulica, de transporte o verde, ya que todas son fundamentales para su adecuado funcionamiento. En Monterrey y su zona Metropolitana los grandes desafíos se relacionan o son consecuencia de una encarecida eficiencia en los de programas de movilidad. ¿La razón?, el 94% de la población del estado se concentró en la zona metropolitana, políticas públicas favorecieron por décadas al automóvil, mientras los sistemas de transporte masivo se quedaban deficientes y escasos ante el crecimiento acelerado y expansivo de la mancha urbana. Ante estas políticas laxas los retos se transformaron a problemáticas que afectan a la salud pública y al medio ambiente. La falta de conexión del sistema de transporte con los espacios públicos, la baja densidad de áreas verdes urbanas, la inadecuada gestión de los desechos sólidos o el tratamiento de aguas residuales, e incluso la calidad del aire, son sólo algunas de las consecuencias de la falta de planeación. Cada uno de estos temas se abordan en esta compilación de estudios utilizando la sinergia de tecnologías de sensores remotos emergentes, LIDAR y fotogrametría con drones, como un sistema que 1) permite inspeccionar, evaluar y diagnosticar los deterioros, servicio y seguridad de la infraestructura, 2) que brinda la oportunidad para actualizar y mejorar la calidad de la información de conectividad, obstrucción y dimensionamiento con respecto a otras infraestructuras y 3) que integra la información del sistema actual y futuro desde una plataforma georreferenciada, aumentando su eficiencia. La investigación forma parte de una red de especialistas en Geomática, integra la infraestructura metropolitana de cada tipo en un solo espacio y tiempo, y emite opiniones. Por ejemplo, en cuanto a movilidad el Sistema Colectivo de Trenes urbanos por el Plan de Movilidad del Estado al renovar, las líneas 1 y 2 del Metro, hacer operativa la ya construida Línea 3, aprovechar la antigua infraestructura ferroviaria con un tren ligero de García hasta Apodaca, y con la construcción de un tren aéreo conocido como tren Panda (similar a los operados en China y Japón). En términos de conectividad se asocian a los espacios públicos y las áreas verdes utilizando avanzadas técnicas de inteligencia artificial para encontrar las mejores propuestas de solución que aseguren las mejores opciones para beneficiar a la mayor cantidad de personas. La importancia de LIDAR y fotogrametría para la actualización de cada modificación en la topografía y geomorfometría de las cuencas auxilia en la gestión de riesgos y permite una mayor certeza al momento de hacer las recomendaciones a los gobiernos municipales o el metropolitano.

SE17-2

## LA ACTUALIDAD E IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS LIDAR Y FOTOGRAMÉTRICOS EN MÉXICO (TREN MAYA, REFINERÍA DOS BOCAS Y AEROPUERTO SAN LUCÍA)

Cruz Valdés Gianni Xavier  
Sistemas de Información Geográfica, S.A. de C.V., SIGSA  
gcruz@sigsa.info

El uso de la tecnología LIDAR combinado con la fotogrametría nos da herramientas poderosas y precisas para un correcto análisis y estudio del terreno. Actualmente en México, se están llevando a cabo obras de ingeniería complejas y que requieren de la mayor precisión posible, para que los trabajos cumplan con las necesidades que la población demanda. Es importante que estas obras tomen en cuenta la geomorfología y geografía del territorio en el cual se asentarán los trabajos. Para ello, es necesario del uso de la mayor tecnología y herramientas con las que se cuenten, y algunas de ellas son la tecnología LiDAR (del acrónimo Light Detection and Ranging) y de la fotogrametría. Usando ambas tecnologías en conjunto podemos obtener una serie de productos cartográficos que deriven en estudios precisos y concretos que ayuden al diseño y toma de decisiones en la obras de ingeniería y construcción que se desarrollen en obras como el Tren Maya, Aeropuerto Santa Lucía y/o Refinería Dos Bocas. En esta presentación mostraremos las tecnologías, técnicas y procesos con los que SIGSA cuenta, con la finalidad de crear cartografía actual, precisa y de alta resolución; así como el desarrollo de sistemas de información geográfica que permitan la correcta manipulación e interpretación de esta cartografía, para con ello contribuir en el desarrollo y toma de decisiones inteligentes en obras de ingeniería complejas y actuales.

SE17-3

## EVALUACIÓN DEL USO DE DRONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGO GEOLÓGICO

Ramírez Serrato Nelly Lucero<sup>1</sup>, Yépez Rincón Fabiola Doracely<sup>1</sup>,  
Guerra Cobián Víctor Hugo<sup>2</sup> y Ferriño Fierro Adrián Leonardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Geomática, FIC, UANL  
<sup>2</sup>FIC, UANL  
nellyrmz.serrato@gmail.com

A escala mundial, se ha registrado un incremento en los eventos catastróficos causados por fenómenos naturales y un aumento en los daños ocasionados. Los procesos de remoción en masa son uno de los fenómenos naturales que más daños causa y una manera de evitar los desastres desencadenados por este tipo de fenómeno requiere de la apropiada caracterización del sitio de manera espacio-temporal, a través de herramientas cartográficas que permitan la localización de los sitios más vulnerables. Durante mucho tiempo, el alto costo para la obtención de datos no permitía generar información de alta resolución para estudios regionales. Sin embargo, con la integración de nuevas metodologías como los VANT o LIDAR (aéreo y terrestre), ahora se pueden plantear metas que incluyan una mayor precisión. Con esto surge la pregunta, sobre que tan necesario es mejorar la resolución métrica de los datos que sirven como insumos en la generación de modelos predictivos de susceptibilidad de inestabilidad de laderas, y que tanto se podría mejorar la precisión de la zonificación del mapa resultante. El área de estudio en donde se implementa la metodología de comparación de los mapas resultantes sobre insumos VANT en comparación con los insumos tradicionales, queda ubicada dentro de la Zona Metropolitana de Monterrey, ZMM, perteneciente al estado de Nuevo León en México. Como conclusiones del estudio se determinó que los modelos regionales de zonificación y predicción de desastres son una importante fuente de información acorde a la planificación de una ciudad, sin embargo y con base en los resultados de este experimento, queda claro que los insumos tradicionales utilizados en el modelo no son los adecuados por no representar el terreno actual de manera real. Los sitios muestreados presentaron una discrepancia en el 40% de la cobertura, debida a cambios antropogénicos en la topografía del terreno, cabe recalcar que los 13 sitios muestreados se encuentran en las faldas de los cerros circundantes, lugares que ya no deberían considerarse para urbanización.

SE17-4

## RÍO PESQUERÍA: CARTOGRAFÍA Y FOTOINTERPRETACIÓN DE AFLORAMIENTOS PRESENTES Y SU RELACIÓN CON LA MANCHA URBANA, MEDIANTE IMÁGENES MULTIESPECTRALES OBTENIDAS CON VANT

Mireles Soría Diana Laura, Yépez Rincón Fabiola Doracely, Ramírez Serrato Nelly Lucero, Guerra Cobián Víctor Hugo, Ferriño Fierro Adrián Leonardo, Ábrego Góngora Carlos, Cavazos González Ricardo, Huerta García Roberto Emmanuel, Barrón Duarte Alejandro y Escobedo Tamez Andrea  
Instituto de Ingeniería Civil, UANL  
diana.mirso@gmail.com

Durante las últimas dos décadas han surgido una serie de problemas de contaminación ambiental en los ríos urbanos. La falta de información sobre los ríos en áreas urbanas incrementa el nivel de vulnerabilidad de los mismos, por ello actualmente se trabaja en generar datos que ayuden a las autoridades responsables en la toma de decisiones. El Río Pesquería se encuentra al Norte del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) y su cauce involucra a gran parte de los municipios que la conforman. A través de los años el uso de este río como canal de desecho para aguas residuales tratadas ha dado pie a que empresas y la comunidad irrumpen la ley contaminándolo con desechos tanto orgánicos como químicos. La realización de una cartografía a detalle del Río Pesquería utilizando imágenes multiespectrales obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado (VANT) resulta de interés debido a que en este sitio se encuentran actualmente realizando proyectos de carácter ambiental/social, a causa del alto nivel de problemáticas que presenta. Para este tipo de proyectos tener una base geológica actualizada sobre los límites del río es de gran importancia. Con el uso de imágenes de alta resolución e imágenes multiespectrales es posible detectar características en el terreno, optimizando tiempos y recursos. Con la cartografía a detalle se describe la litología presente en el río y sus elementos estructurales visibles, depósitos aluviales, diferenciando en lo posible el tipo de material y se caracterizan también las zonas contaminadas con acumulaciones de desechos físicos.

SE17-5

## DESCRIPCIÓN DE LA DINÁMICA DE LAS CORRIENTES DE RETORNO Y EL CÁLCULO DE FLUJOS MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES OBTENIDAS CON VANT

Gracia Barrera Ashley David y Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia  
 Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California  
 adgbzc@gmail.com

Las corrientes de retorno han sido ampliamente estudiadas por el peligro que representan para los bañistas y el papel importante que juegan en la morfodinámica de la playa. Estas corrientes constituyen uno de los principales mecanismos de circulación en la zona de rompiente, y son las encargadas de transportar sedimento mar adentro. A pesar de su importancia, actualmente sigue siendo muy complicado tomar mediciones in-situ de las velocidades de estos flujos, por ser una zona de alta energía en las playas. Por tanto, hace unos años se desarrollaron métodos de percepción remota para realizar el monitoreo de la dinámica de la zona costera. La playa La Misión, en Baja California, se caracteriza por la incidencia de oleaje lejano y presenta una morfología intermedia altamente dinámica, lo que propicia la formación de corrientes de retorno. En este trabajo se caracteriza la variabilidad espacio-temporal y geometría de las corrientes de retorno con respecto al estado morfodinámico de la playa y se analizan métodos para estimar los flujos de las corrientes a partir de imágenes. Para ello, desde 2016 se cuenta con mediciones topográficas y batimétricas mensuales y a partir de 2017 se obtienen videos con vehículos aéreos no tripulados (VANT). Procesando los videos se generan imágenes georrectificadas de exposición temporal con las cuales se identifican las corrientes de retorno. Posteriormente, se utilizan algoritmos de detección y seguimiento de trazadores pasivos (i.e. optical fluid o particle image velocimetry) para estimar las velocidades de las corrientes de retorno de los videos medidos. Por último, este trabajo evaluará el potencial de usar cámaras multispectrales para estimar el transporte de sedimentos a través de las corrientes de retorno.

SE17-6

## REVISITANDO LA ANOMALÍA TÉRMICA DE LA PLAYA LA JOLLA, EN BAJA CALIFORNIA

Gradilla Luis Carlos, Hinojosa Alejandro, Arregui Sergio, Carbajal Daniel, Casallas Moreno Karen Lorena y Meillon Octavio  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 gradilla@cicese.mx

En la RAUMG 2018 presentamos los resultados y experiencias de un experimento cuyo objetivo era detectar la anomalía térmica en la playa La Jolla de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Esta es una anomalía asociada a la falla de Agua Blanca con temperaturas medidas hasta 93° C. Esta se ubica en la zona intermareal de una playa arenosa con poca pendiente donde los bañistas disfrutan del calor del subsuelo. El 29 de agosto 2018, se hicieron vuelos con un octocóptero DJI equipado con una cámara térmica Optris PI450 lente 038 y con una serie de adecuaciones y adaptaciones para alcanzar el objetivo. Para complementar las imágenes térmicas, se realizó otro levantamiento aéreo con un dron DJI Phantom 4 equipado con cámara óptica. Los vuelos fueron complementados con mediciones de temperatura ubicadas con GPS manual y con puntos de control terrestre (GCPs) ubicados con equipo diferencial GPS. El propósito era construir ortomosaicos térmico y óptico (RGB) en la zona de anomalía térmica. El 4 de julio de 2019, un año después, regresamos a la zona con equipo más moderno que el utilizado en 2018 facilitando la campaña. La intención era probar el nuevo equipo y determinar si la anomalía térmica mantenía el tamaño, forma y temperatura medidas en 2018. En esta ocasión se utilizó el cuadracóptero DJI matrice 100 equipado con la cámara térmica Zenmuse-XT de Flir. Equipo facilitado por el departamento de Biología de la Conservación del CICESE. Las mediciones de temperatura en la playa se hicieron con el mismo temporar utilizado en 2018, pero la ubicación de las mediciones se hizo con GPS diferencial, a diferencia del 2018 con mayor incertidumbre en la ubicación por el uso de GPS manual. Presentaremos los resultados de la campaña 2019 y su comparación con los de 2018, las diferencias en la forma y extensión de la anomalía así como las similitudes y diferencias en las ejecuciones de las misiones de vuelo y en el procesamiento de las imágenes capturadas. La complejidad en la obtención del ortomosaico térmico se mantuvo para 2018 y 2019.

SE17-7

## ANÁLISIS DE RASGOS ESTRUCTURALES A PARTIR NUBES DE PUNTOS 3D, EN UN AFLORAMIENTO ASOCIADO A UN MANANTIAL TERMAL EN DGO.

Mancera-Alejandrez Javier, Macías-Medrano Sergio,  
 Hernández-Espriú Antonio, Arias-Paz Alberto y Torres-Paniagua Kenya  
 Facultad de Ingeniería UNAM  
 jmancera@unam.mx

En la última década se ha incrementado fuertemente la utilización de la fotogrametría digital para la obtención de nubes de puntos 3D en varias aplicaciones, desde recreativas como su utilización para plataformas de realidad aumentada, hasta su aplicación en la obtención de características geomorfológicas, oceánicas y

geológicas entre otras. Aunque la utilización de nubes de puntos 3D para extraer características y rasgos geológicos ha sido poco explorada en México, a nivel mundial se han utilizado estas técnicas desde hace más de una década obteniendo resultados que mejoran el trabajo geológico y las observaciones de campo. En este sentido el Grupo de Hidrogeología de la FI-UNAM ha incursionado en la aplicación de estas técnicas para la extracción de rasgos estructurales de macizos rocosos a partir de fotografías tomadas con dron y aplicando el algoritmo Structure from Motion (SfM). A partir de lo cual se obtienen nubes de puntos que se procesan con el software DSE (Discontinuity Set Extractor, Riquelme, 2016) mediante algoritmos que analizan en primer lugar la coplanaridad y los vecinos próximos para obtener el vector normal a cada punto y en segundo se obtiene la densidad de polos para hacer la clasificación y extraer las principales familias. Este proceso se aplicó en una saliente rocosa en el manantial "Los Hervideros" ubicado en el poblado Los Herrera en Santiago Papasquiaro, Dgo. (agua a 74°C). Se realizó la adquisición de fotografías con un dron Mavic Air de DJI y en vuelo manual, utilizando coordenadas locales. La motivación para realizar esta adquisición es entender cómo el patrón estructural, está relacionado con el flujo subterránea y sus implicaciones en el modelo hidrogeológico de la zona. En los análisis preliminares se logró mapear una estructura elongada con un rumbo N30°W que presenta un sistema de fracturamiento con dos familias preferenciales casi perpendiculares a la estructura con echados entre 50° y 70° y una tercera familia con echado hacia el NW de bajo ángulo (15° a 23°). Esta investigación ha sido financiada con el proyecto PAPIIT Grupal IV100117, realizado entre en Centro de Geociencias y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

SE17-8

## FOTOGRAMETRÍA SATELITAL CON ASP

Hinojosa Alejandro, Arregui Sergio y Jurado Sebastián  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 alhinc@cicese.mx

Los modelos digitales de elevación (DEM) se utilizan en diversos análisis y han evolucionado en la tecnología para generarlos, en resolución espacial, exactitud y en el rango dinámico de sus celdas. La resolución espacial determina el tipo de aplicaciones que se pueden abordar. Los DEMs generados por fotogrametría satelital (FS) con resoluciones entre los 0.5 y 5m, ocupan un nicho intermedio entre los modelos de cobertura global (30-60m) y aquellos de muy alta resolución generados por escaneo LASER (aéreo y terrestre) y por fotogrametría por dron. Estas últimas técnicas son inviables cuando nuestra área de interés es de varias decenas o centenas de km<sup>2</sup>. El INEGI está utilizando la FS para actualizar sus modelos de relieve continental de escalas 1:10,000. Para algunas zonas de la república Mexicana, existen nuevas coberturas de relieve continental a 5m generados con FS listas para su descarga en la página del INEGI. Los gestores de imágenes satelitales de alta resolución espacial, además de proveer las imágenes estéreo (IS), generalmente ofrecen el servicio de extracción del DEM y generación de ortoimágenes. El costo por km<sup>2</sup> de estos servicios es del orden del costo de la IS. Una opción es adquirir las IS y procesarlas en casa con software comercial o libre. El paquete Ames Stereo Pipeline (ASP) de la NASA, es un conjunto de herramientas de geodesia y estereofotogrametría automatizadas gratuitas y de código abierto diseñadas para procesar imágenes estéreo capturadas desde satélites (alrededor de la Tierra y otros planetas), robots móviles, cámaras aéreas e imágenes históricas, con y sin información precisa de la posición y actitud de la cámara. Produce productos cartográficos, incluidos las nubes de puntos, los modelos digitales de elevación (DEM) y ortoimágenes. En este trabajo presentaremos nuestras experiencias en el uso de ASP sobre juegos de imágenes satelitales estereoscópicas para la generación de DEMs y ortoimágenes. Se experimentó con 100 km<sup>2</sup> de IS del satélite GeoEye sobre la ciudad de Ensenada y el corredor costero de la Bahía Salsipuedes. Otro conjunto del satélite Pleiades de la zona costera de Calamajué en el Golfo de California (86 km<sup>2</sup>). Estos se adquirieron específicamente para la extracción de los DEMs como una alternativa de mayor resolución (.5 – 1m) a las opciones globales como SRTM(90 y 30m), GDEM (30 m), TanDEM-X (12m) y más recientemente los AW3D de 5m.

SE17-9 CARTEL

## ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE: HELIOSAT

Sánchez Diaz María Elena, Velasco Herrera Víctor  
 Manuel, Riveros Rosas David y Valdés Barron Mauro  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 maelena492@hotmail.com

En México se tienen instaladas 189 Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA's) a cargo del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en toda la república mexicana, las cuales miden la radiación solar entre otras variables generando un archivo de datos cada diez minutos y enviado la información cada 1 o 3 horas, dichas estaciones solo tienen en el mejor de los casos una confiabilidad de 5 km de radio exceptuando los terrenos montañosos. Sin embargo esta red no cumple con los estándares requeridos para la correcta medición de la radiación solar y al no tener mantenimiento adecuado el uso de estos datos es en la mayoría de los casos inviable. Tener suficientes estaciones que cubran todo el territorio, así como el constante mantenimiento de dichas estaciones resulta en un costo muy elevado,

recurriendo así frecuentemente a métodos como interpolación y extrapolación. La opción más viable así es el uso de imágenes satelitales para su estimación, para ello podemos encontrar modelos que se han desarrollado en diferentes partes del mundo, uno de ellos que además es uno de los más importantes desarrollado por la Universidad de París es Heliosat 2. El método Heliosat 2 tiene como parámetro principal un índice de nubes  $n$ , el cual resulta de comparar lo que es observado por el satélite y lo que debería de observar si este estuviera en condición de cielo claro, basándose en el modelo de cielo claro del European Solar Radiation Atlas (ESRA, por sus siglas en inglés). Si el cielo es claro el albedo aparente es muy cercano al albedo del suelo y el índice de nubosidad es muy cercano a 0, pero si el cielo está nublado el índice de nubosidad es cercano a 1 o posiblemente más grande. Así el índice de nubosidad puede ser considerado como una descripción de la atenuación de la atmósfera. La implementación del método Heliosat 2 está compuesta por 4 principales componentes: cálculo de la reflectancia cálculo de la reflectancia atmosférica cálculo del índice de nubes cálculo de la irradiación. Se implementó el modelo Heliosat 2 a imágenes del satélite GOES 13 del año 2013, bajo una programación en Matlab, obteniendo como resultado final, 11 mapas de radiación promedio mensual que fueron comparadas con los valores que se obtiene en el suelo de las estaciones EMA's y el resultado fue un error del 5.77%, error aceptado en modelos de estimación solar. Siendo así uno de los trabajos de estimación de radiación solar más importantes realizados en México, dado el gran avance obtenido. Además se hizo una comparación con los datos obtenidos por Heliosat 1, llegando a una mejora bastante evidente.

## SE17-10 CARTEL

### COMPLEJIDAD FORESTAL USANDO IMÁGENES SATÉLITALES

López-Rivera Juan Antonio<sup>1</sup>, Rivera Lopez Ana Leonor<sup>2</sup> y Frank Alejandro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México  
jantonio.1r@ciencias.unam.mx

La complejidad de un bosque está asociada con la biodiversidad y nos brinda información sobre la salud del ecosistema forestal. Un bosque sano debe estar en un estado invariante de escala que refleje el equilibrio entre la robustez de sus árboles y su adaptabilidad a cambios en el entorno. La propuesta en este trabajo es que este equilibrio estará reflejado en las tonalidades presente en su vegetación. Así aquí se explora la hipótesis de que una imagen remota se puede usar para determinar la complejidad forestal basada en la invariancia de escala de los tonos verdes en las imágenes. Así se propone una técnica simple para monitorear los cambios en el bosque utilizando los momentos estadísticos y el análisis espectral de los tonos verdes en las imágenes de satélite. Los valores estadísticos de los tonos verdes presentes en las imágenes de Landsat son significativamente diferentes para la misma región en imágenes tomadas años antes y después de un incendio forestal. Además, la distribución cambia de Gaussiana (casi simétrica, mesocurtica) a una de Poisson (asimétrica con colas largas, leptocurtica) que indica el cambio de una variable independiente a una estocástica. Esta técnica es prometedora y necesita ser explorada en diferentes bosques e instantes de tiempo. Hasta ahora, los resultados indican que este enfoque puede ser útil como primer mirada del estado de un bosque.

## SE17-11 CARTEL

### ANÁLISIS DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES PARA EL CÁLCULO DE LA CALIDAD DE ÁREAS VERDES URBANAS. CASO DE ESTUDIO: ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY

Huerta García Roberto Emmanuel, Ramírez Serrato  
Nelly Lucero y Yépez Rincón Fabiola Doracely  
Facultad de Ingeniería Civil, UANL  
rohg@live.com.mx

La cobertura vegetal y la infraestructura presente en las áreas verdes urbanas (AVU) ofrecen importantes beneficios dentro de los ámbitos ecológico, social y económico de los espacios urbanos. En un área como la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), en la cual se presenta una densa cantidad de población, es necesario el constante monitoreo de las AVU ya que el conjunto de sus beneficios contribuye a la mejora del bienestar de sus residentes. El monitoreo del estado de las AVU da pauta a la mejora en la gestión de dichos elementos de la ciudad a través de la obtención de información actual, lo cual sirve como insumo para combatir con el crecimiento desordenado de las grandes áreas urbanas. Las imágenes satelitales de muy alta resolución son de gran utilidad en el análisis de información geoespacial como la perteneciente a las AVU de una ciudad, ya que permiten realizar de forma eficiente y económica el estudio de grandes áreas geográficas haciendo uso de bandas del espectro electromagnético importantes para la identificación de actividad en la vegetación. El verdor de la vegetación representa para las AVU un parámetro determinante del estado de la vegetación puesto que, a través de su análisis, mediante el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI por sus siglas en inglés), es posible conocer la proporción y ubicación de la vegetación presente, así como la calidad ambiental que presenta. El objetivo de esta investigación es determinar la calidad ambiental de las AVU de la ZMM a través del NDVI e imágenes de muy alta resolución para la producción de insumos que permitan mejorar la gestión de AVU. Dentro de los resultados se contará

con la proporción de metros cuadrados de AVU presentes en la totalidad de la ZMM, así como los metros cuadrados ubicados en cada uno de los municipios que la componen; además, se obtendrán los promedios del NDVI para la ZMM, los diferentes municipios que la componen y las proporciones de metros cuadrados de AVU por habitante presentes en el área total y en cada municipio. Se generarán mapas de la calidad ambiental que presentan las AVU presentes dentro de los cuales se señalará la proporción de AVU que presenten buena calidad. La información generada, al contar con la ubicación de las AVU saludables, servirá como insumo para futuros proyectos de reforestación y conservación.

## SE17-12 CARTEL

### EL BOSQUE DE CIPRÉS DE ISLA GUADALUPE, MODELANDO SU ESTRUCTURA VERTICAL A PARTIR DE FOTOGRAMETRÍA CON VANT

Vera Laura Abigail y Hinojosa Alejandro  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
lvera@cicese.edu.mx

Isla Guadalupe, ubicada en el Pacífico a 260 kilómetros de la costa de Baja California, declarada Reserva de la Biosfera en 2005, que durante las últimas décadas ha estado bajo esquemas de manejo debido a los daños causados por la introducción de especies exóticas (cabras, gatos, ratones y diversas especies vegetales). El Ciprés de Guadalupe es una de las especies endémicas de mayor importancia en la isla, se distribuye al norte de la isla en elevaciones mayores a los 1000 metros. A partir de la erradicación de las cabras, el bosque comenzó una recuperación notoria, hasta que en septiembre de 2008 un incendio afectó más del 60% de su extensión, acabando con gran cantidad de individuos adultos. Sin embargo, posterior al incendio, se inició una franca recuperación de la población, calculándose cientos de renuevos en el área devastada. Debido al interés en la recuperación de esta comunidad vegetal, se han realizado estudios de monitoreo desde diferentes perspectivas de la percepción remota. A través de imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución, en 2005 y 2009 se estudió la distribución espacial de los parches de bosque y sus espacios abiertos, se estimó el número de individuos adultos y zonas afectadas por el incendio de 2008. Esta fue una perspectiva del bosque en dos dimensiones apoyada en índices de vegetación. En el presente trabajo se aplicó la fotogrametría como técnica de percepción remota para generar un Modelo de Altura del Dosel (MAD) del bosque de Ciprés, el cual es una representación 3D de la distribución de un bosque. En este caso, el MAD fue generado a través del procesamiento de fotografías con alto grado de traslape tomadas sobre el área del Bosque de Ciprés de Isla Guadalupe con ayuda de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT). En julio de 2016 se realizaron levantamientos aéreos utilizando cámaras infra roja y otra en color natural (RGB). Recientemente, en mayo de 2019, se repitió un levantamiento aéreo a menor altura utilizando una cámara RGB. Apoyados con diferentes software especializados en la generación de nubes de puntos y ortomosaicos (Pix4D); clasificación y manipulación de nubes de puntos (LASTools); y finalmente extracción de información por medio de algoritmos (ForestTools-R), se generaron los MADs en dos episodios espaciados en 3 años, se generó un inventario de individuos con sus respectivas envolventes 2D de las copas de los árboles además de la generación de Modelos Digitales del Terreno (MDT) de alta resolución (25cm). Se presentarán los productos y flujos de trabajo de los levantamientos de 2016 y 2019, productos que ayudarán a monitorear la dinámica de la población del bosque de Ciprés y su impacto en la erosión hídrica, así como asistir en los esquemas de manejo.

## SE17-13 CARTEL

### EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE DATOS LIDAR

Escobedo Tamez Andrea, Barrón Duarte Alejandro, Yépez Rincón Fabiola  
Doracely, Fajardo San Miguel Gerardo y Ramírez Serrato Nelly Lucero  
UANL  
andreaescobedo6200@gmail.com

La utilización de los sensores remotos a través de los años se ha enfocado más en las aplicaciones en el campo de los recursos naturales, sin embargo, la tendencia actual es que se incremente su utilización en otras áreas de la ingeniería gracias a los avances tecnológicos, el desarrollo de la computación, los bajos costos de obtención de las imágenes y a las ventajas que presenta en cuanto a resolución. En el campo de la ingeniería civil, los sensores remotos, como el escáner láser y cámaras montadas en Vehículos Aéreos no Tripulados (VANTs o drones) y, se han utilizado en problemáticas relacionadas con estudios de infraestructura urbana, infraestructura hidráulica, infraestructura de transporte, entre otros. La infraestructura urbana juega un rol importante en el funcionamiento de las ciudades, ya que garantiza transporte, vivienda o seguridad para la población. Prevenir y mitigar el deterioro de esta infraestructura es la forma más efectiva de reducir las consecuencias negativas de cualquier catástrofe. Actualmente, las técnicas de inspección no invasivas para la infraestructura urbana se basan en la inspección visual, en la cual la principal dificultad es la accesibilidad a todas las zonas de deterioro de las estructuras. Por este motivo, se buscan otros métodos que puedan aportar datos a tales inspecciones, como lo es el uso del LIDAR así como de Vehículos Aéreos no Tripulados con cámaras y sensores integrados. La inspección con estos sistemas garantizaría agilidad y seguridad, además de ayuda en la

interpretación y análisis para el diagnóstico de manifestaciones patológicas. Al hacer inspecciones en estructuras de grandes alturas o dimensiones, se puede dificultar la accesibilidad a todos los puntos de la estructura, por esto el ingeniero o los técnicos están en riesgo de tener algún accidente, a pesar de que cuenten con equipo de seguridad. La toma de información con dron y escáner se hará desde una superficie segura. Esta investigación plantea un levantamiento 3D de una estructura de transporte utilizando datos obtenidos con LIDAR para inspeccionarla y evaluar sus condiciones actuales mediante un sistema de monitoreo remoto que con el que se puedan localizar diferentes patologías. Con este proyecto se sientan las bases para desarrollar una herramienta con la cual se puedan localizar dichas patologías de manera automatizada y remota, evitando así la interrupción del tráfico y de los servicios que presta dicha estructura, ya que esto representaría grandes pérdidas económicas, caos vehicular, etc.

proporcionaron errores del orden del centímetro, los cuales fueron mejorados después de hacer un post-procesado de los datos. Utilizando el mismo método de procesamiento en todas las observables se obtuvieron diferencias importantes en las posiciones que se deben en gran parte a las características de los equipos y a los tiempos de observación utilizados en las mediciones, 15 minutos en el modo estático y 1.5 minutos para el cinemático, con intervalos de registro de 1Hz en todas las observables.

#### SE17-14 CARTEL

### CUERPOS DE AGUA Y SU VARIABILIDAD TEMPORAL CON AYUDA DE GEE: DOS CASOS DE ESTUDIO

Sigala Eric, Oyorzabal Elsie Giovanna, Hinojosa Alejandro, Arregui Sergio y Mellink Eric  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 ersime94@gmail.com

Existen acervos de imágenes satelitales que inician la observación sistemática de la cubierta terrestre desde 1972 y han mantenido hasta la actualidad su legado de cobertura global, con un registro histórico sin precedente en imágenes multiespectrales. Nuevas organizaciones como Planet.com fundado en 2010, una compañía privada de satélites de observación de la Tierra, que actualmente opera ~ 140 satélites en órbita con revistas diarias de cualquier punto sobre la Tierra a 3m de resolución. Estos acervos habilitan el análisis de los cambios y fenómenos en la cubierta terrestre. Uno de los retos para el aprovechamiento de estos valiosos acervos, es el volumen de información asociado a esta tarea. Para atender esta restricción, la compañía Google diseñó una plataforma, Google Earth Engine (GEE) para el análisis científico y visualización de datos geoespaciales; el cual combina un catálogo multipetabyte de imágenes satelitales y herramientas para geoprocesamiento con capacidades de análisis a escala planetaria con el objetivo principal de detectar cambios, mapear, clasificar y cuantificar las diferencias en la superficie de la Tierra. GEE habilita el acceso a imágenes públicas históricas de la Tierra como Landsat y Sentinel-2, donde no es necesario descargarlas para su análisis. Asimismo, se pueden importar imágenes propias o de terceros, con control total sobre su acceso, como las imágenes de Planet.com. Los cuerpos de agua son un tipo de cubierta terrestre fácilmente detectable a través de percepción remota debido a su fuerte absorción de energía en las regiones infra rojas del espectro. En este trabajo presentamos dos casos de análisis histórico de cuerpos de agua con ayuda del GEE. En ambos casos se usa el índice normalizado de agua (NDWI) para estimar la extensión de cuerpos de agua y su variabilidad en el tiempo. En un caso se opera sobre el acervo de Landsat y se analizan un conjunto de sitios de importancia para las aves acuáticas en el altiplano mexicano. Los cuerpos de agua en esta región son hogar de millones de aves acuáticas algunas de las cuales son residentes permanentes y otras migrantes de EEUU y Canadá que pasan el invierno en esta región. Se asocia la extensión a conteos de aves realizados entre los años 1975 a 2006 en dichos cuerpos de agua. En el segundo caso se opera sobre el acervo de Planet.com y se analiza la Presa "Emilio López Zamora" (PLZ), un cuerpo de agua artificial ubicado dentro de la mancha urbana de la ciudad de Ensenada, Baja California. Se analiza su respuesta a eventos de tormenta de los últimos años, su respuesta en extensión y volumen apoyados con una reconstrucción fotogramétrica del vaso de la presa. Se hará énfasis sobre la utilidad de GEE para acceder y procesar estos diferentes acervos de imágenes, más que en las aplicaciones. Sobre el código que hace posible el análisis.

#### SE17-15 CARTEL

### "DONDE QUEDÓ LA BOLITA" ... ¿CUÁL ES LA POSICIÓN VERDADERA?

Meillon Octavio, Ramon Elvia, Hinojosa Alejandro, Arregui Sergio,  
 Casallas Moreno Karen Lorena y González Javier Alejandro  
 CICESE  
 omeillon@cicese.mx

La colocación de marcas o de puntos de control terrestre (GCPs) y su posterior ubicación, es una tarea fundamental y necesaria previa a los levantamientos aéreos con vehículos aéreos no tripulados (VANTs). El número de GCPs y su distribución dentro de la zona de estudio, determinan en gran medida la exactitud en posición de los productos derivados. Otro factor es la exactitud en la ubicación de los GCPs a través de campañas de observación con los equipos de posicionamiento. En un experimento que inicio el 21 de Marzo de este año en campus de CICESE, se evalúan diferentes receptores GPS y GNSS desde las posiciones obtenidas en 14 puntos de control con el objetivo de comparar su funcionalidad y capacidad para obtener posiciones utilizando dos métodos de levantamientos con GPS/GNSS, estático y cinemático. Para la evaluación se toman en cuenta las características y precisiones nominales de los equipos, las cuales son cotejadas con las precisiones obtenidas después de procesar los datos con software especializado mediante el procesamiento tipo diferencial utilizando los datos de la estación permanente CICT. Las posiciones obtenidas con el método de levantamiento cinemático

Sesión especial

# **REGISTROS PALEOCLIMÁTICOS CONTINENTALES Y MARINOS**

Organizadores:  
Abdel Siffedine  
Ligia Pérez-Cruz

SE18-1

## MAGNETIC POLARITY, STABLE ISOTOPE AND CHEMOSTRATIGRAPHIC STUDY OF THE CRETACEOUS/PALEOGENE BOUNDARY

Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>1</sup>, Pérez-Cruz Ligia<sup>2</sup>, Ortega Nieto Alejandro<sup>1</sup>, Escobar Sánchez Elia<sup>2</sup>, Salgado Hugo<sup>1</sup>, Venegas Ferrer Rafael<sup>1</sup> y García Garnica Edgar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores-Unidad Mérida UNAM  
juf@geofisica.unam.mx

Results of a magnetic polarity, stable isotopes, geochemical and petrographic study of the early Paleogene and the Cretaceous/Paleogene (K/Pg) boundary are presented. We analyze a section from the Chicxulub crater continuously cored from ~230-340 m composed of suevitic breccias overlain by limestones and dolomitized limestones. Magnetic polarities define a sequence of reverse to normal, which correlate to chrons 29r to 26r. The  $\delta^{13}C$  values range from 1.2 to 3.5‰ and  $\delta^{18}O$  values range from -1.4 to -4.8‰, with variation trends correlating with the marine carbon and oxygen isotope records for the K/Pg boundary and early Paleocene. Positive carbon isotopes suggest high productivity, with apparent recovery after the K/Pg extinction event. Oxygen isotope values appear more negative, reflecting regional and local effects.  $\delta^{13}C$  decreases gradually from high values in the suevites to low in carbonates, between 320-247m, higher variability particularly between 280-247m, and then increased contents between 247-230m. Variation trends are similar in other elements like Fe, Ti, K and Al, recording impact-induced hydrothermalism and platform changing conditions. Ca shows the opposite trend, with low values in the suevites, higher values in Paleocene carbonates and lower values in the PETM. Two trends to high values are defined in the basal 330-288m, followed by low values till 246m and low values in the Paleocene-Eocene.

SE18-2

## EVENTOS HIPERTERMALES DEL PALEÓGENO REGISTRADOS EN EL POZO SANTA ELENA (UNAM-5), EN EL ÁREA CERCANA AL CRÁTER DE IMPACTO CHICXULUB

García Garnica Edgar Manuel<sup>1</sup> y Pérez-Cruz Ligia<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Programa de posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
3g.edgar@gmail.com

Durante el Paleógeno se ha documentado una serie de eventos de calentamiento global extremo que se sobrelapan con las tendencias climáticas de largo plazo, llamados hipertermales. Entre estos eventos, destaca por su magnitud un episodio en el límite Paleoceno-Eoceno, hace 56 Ma, conocido como Máximo Termal del Paleoceno/Eoceno (PETM), caracterizado por una acidificación oceánica y el aumento de la temperatura global de al menos 4 °C, el cual fue causado por la liberación masiva de carbono isotópicamente ligero en el sistema océano-atmósfera (DeConto et al., 2012; Westerhold et al., 2015). Posterior al PETM, otros máximos termales siguieron durante el Eoceno: Máximo termal del Eoceno 2 (ETM-2) y Máximo Termal del Eoceno 3 (ETM-3) hace 54 y 53 Ma, respectivamente. Nuestro objetivo es reconocer las señales de los eventos hipertermales a través de registros geoquímicos en el pozo Santa Elena y documentar su magnitud en la región de estudio, para correlacionar los patrones de variabilidad climática en ambientes de aguas profundas y evaluar la influencia de las condiciones locales y globales en los trópicos. El cráter Chicxulub en la península de Yucatán durante la mayor parte del Paleógeno se encontraba bajo un mar poco profundo. El pozo Santa Elena ubicado a 110 km al suroeste del centro del cráter tuvo una recuperación de 459 m, mientras que el límite de K/Pg está documentado a 332m. Se analizaron alrededor de 64 núcleos de 3 m de largo en la sección posterior al impacto. Los elementos mayores y traza se midieron con una resolución de 10 cm utilizando un equipo de fluorescencia de rayos X. Con base en los registros geoquímicos se distinguen claramente dos intervalos, basados en disminuciones abruptas de las concentraciones de Ca que sugieren la disolución de carbonatos durante los eventos hipertermales. Además, los valores de Al, Fe, Si y Ti muestran aumentos en sus concentraciones, lo que indica un incremento en el aporte de terrígenos. Referencias: DeConto, R.M., Galeotti, S., Pagani, M., Tracy, D., Schaefer, K., Zhang, T., Pollard, D., and Beerling, D.J. 2012. Past extreme warming events linked to massive carbon release from thawing permafrost. *Nature*. Vol. 484. 87-92. Westerhold, T., Röhl, U., Frederichs, T., Bohaty, S.M., and Zachos, J.C. 2015. Astronomical calibration of the geological timescale: closing the middle Eocene gap. *Climate of the Past*. Vol. 11. 1181-1195.

SE18-3

## TRES CICLOS GLACIAL-INTERGLACIAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Correa-Metrio Alexander<sup>1</sup>, Cruz-Silva Esmeralda<sup>2</sup>, Beltrán-Martínez Juan Carlos<sup>3</sup> y Bush Mark<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>4</sup>Florida Institute of Technology  
alexcorream@gmail.com

La variabilidad climática global a través de los últimos 2.3 millones de años se ha caracterizado por períodos fríos de ~100 mil años, seguidos por intermisiones cálidas con una duración de entre 10 y 30 mil años. Esta variabilidad se ha expresado a lo largo del planeta con una magnitud diferencial que, en términos generales, aumenta hacia las latitudes más extremas. En el Neotrópico, el enfriamiento durante los glaciales también ha presentado patrones diferenciales, resultando mucho más pronunciado en elevaciones altas. Sin embargo, la mayoría de los registros de tierras bajas cubren únicamente el último glacial, de manera que no ha sido posible evaluar el nivel de sistematicidad de los efectos de esta variabilidad global de baja frecuencia sobre los climas y ecosistemas regionales. En este trabajo, presentamos una secuencia sedimentaria del Lago Petén-Itzá que cubre los últimos ~300 mil años, la cual fue sometida a análisis palinológicos. Dada la edad de la secuencia, ésta cubre tres glaciales (MIS8, MIS6 y MIS2-4) y cuatro interglaciales (parte del MIS9, MIS7, MIS5 y el Holoceno). En términos generales, la vegetación de los glaciales estuvo caracterizada por vegetación afín a la zona Neártica (bosques templados y matorrales), mientras los interglaciales estuvieron dominados por vegetación Neotropical (bosques húmedos, subhúmedos, y secos tropicales). Sin embargo, la evidencia sugiere una falta de sistematicidad en términos de los tipos de vegetación que se presentaron dentro de los glaciales e interglaciales. Así, mientras que los cambios en temperatura parecen sistemáticos, los cambios en la vegetación no lo fueron, reflejando la modulación regional de los cambios en precipitación y las dinámicas internas de las comunidades vegetales. En conclusión, si bien, en escalas milenarias, el clima condiciona el establecimiento y desarrollo de la vegetación, la composición de los bosques que caracterizan a los glaciales e interglaciales depende en gran medida de la disponibilidad regional de especies.

SE18-4

## RECONSTRUCCIÓN DEL RÉGIMEN DE HUMEDAD DURANTE EL HOLOCENO EN EL NOROESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

Rodríguez-Abauza Gloria Alejandra<sup>1</sup>, Correa-Metrio Alexander<sup>2</sup>, Escobar Jaime<sup>3</sup> y Curtis Jason H.<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Norte, Colombia  
<sup>4</sup>Department of Geological Sciences, University of Florida, Gainesville, United States  
gloriaalejandra.rodriguez@uport.edu.co

La Península de Yucatán constituye un área estratégica para estudiar la variabilidad climática del Holoceno, dada su alta sensibilidad a la variabilidad climática global. En la región, la distribución de la precipitación se caracteriza por pronunciado gradiente anual que aumenta hacia el sur. Así, el noroeste es la zona más seca de la península, con un marcado déficit de humedad la mayor parte del año. Consecuentemente, los cambios en la disponibilidad de humedad tienen un impacto sustancial sobre las dinámicas hidrológicas regionales. Este estudio reconstruye los cambios en la disponibilidad de humedad a través del Holoceno para el noroeste de la península, basado en el registro sedimentario de la Laguna Yalahau, Estado de Yucatán. A partir de dos núcleos de sedimento, se construyó una sección compuesta de 5.60 m de longitud que abarca los últimos ~8300 años. Se obtuvieron las concentraciones elementales a lo largo de la secuencia a través de un analizador de fluorescencia de rayos X y el porcentaje de carbono inorgánico se determinó por medio de titulación coulométrica. El registro sedimentario muestra una alta variación en las proporciones de carbonato de calcio y azufre a través del tiempo, de manera que las variaciones en las proporciones relativas de S y CaCO<sub>3</sub> (S/CaCO<sub>3</sub>) reflejan cambios en la disponibilidad de humedad. Así, condiciones húmedas están marcadas por valores bajos, mientras que las condiciones de sequía se reflejan en valores altos. Esta interpretación parte del supuesto que una mayor concentración de azufre, estaría asociada con la precipitación de yeso en el cuerpo de agua. Nuestros resultados muestran condiciones relativamente húmedas entre ~7700 - 6600 años AP, lo cual coincide con una mayor insolación durante el verano boreal. A partir de los ~3500 años AP, el registro muestra una tendencia hacia condiciones más secas, consistente con el desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical. Las condiciones más secas se presentan durante el intervalo de ~1000 a 700 años AP, donde se presentan sequías recurrentes que coinciden con el colapso de la Civilización Maya. De manera general, los patrones reflejados por la evidencia sedimentaria fueron sincrónicos con los principales modos de variabilidad climática reportados para la región, sustanciando el alto acoplamiento del clima regional con el clima global.

SE18-5

### CLIMATIC CHANGE IN THE CENTRAL MAYAB (LAGUNA ESMERALDA) RECORDED AWAY FROM MAJOR HUMAN IMPACT

Martinez Dyrzo Haydar<sup>1</sup>, Metcalfe Sarah E.<sup>1</sup>, Jones Matthew D.<sup>1</sup>, Birmingham Adam<sup>2</sup>, Whitney Bronwen S.<sup>3</sup>, Davies Sarah J.<sup>3</sup>, Medina Gonzales Roger<sup>4</sup> y Naranjo Garcia Edna<sup>5</sup>

<sup>1</sup>School of Geography, University of Nottingham

<sup>2</sup>Department of Geography and Environmental Sciences, Northumbria University

<sup>3</sup>Department of Geography and Earth Sciences, Aberystwyth University

<sup>4</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán

<sup>5</sup>Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México  
lgxbma@nottingham.ac.uk

The environmental history of the Maya attracts attention since climate changes appear to be linked with the transition to agriculture and permanent settlements, management of resources and, in particular, with the collapse of their civilization at the end of the Mesoamerican Classic period, (MCP, ca.1100 B.P.), when a series of droughts occurred according to palaeorecords from the region such as lake sediments and speleothems. The most emblematic record comes from Lake Chichancanab, whose sediments contain deposits of gypsum at specific points indicating the existence of droughts during crucial moments in Mayan history. Here, core sediments collected from Lake Esmeralda, a sister lake of Chichancanab, are studied for comparing with Chichancanab's record and observing the response of both lakes to the same regional climate change as well as to test the impact of human disturbance in the region. Isotopic analysis of waters and modern gastropods (family Hydrobiidae) from both lakes were studied showing that L. Esmeralda is today a more open basin in comparison to L. Chichancanab, but still shows an important evaporative effect. Esmeralda also appears to have greater variability, reflected in the bigger standard deviation in  $\delta^{18}O$  values on modern shells of Hydrobiidae in L. Esmeralda in comparison to the shells in Chichancanab. Results based on a multiproxy approach (pollen, charcoal, CaCO<sub>3</sub> content, organic content, isotopic composition of bulk sediments, elemental abundance, elemental ratios, density, grey and colour scale) suggest that Lake Esmeralda's sediments are predominantly made up of carbonates from 6500 to 3400 B.P. L. Esmeralda became a more closed system, possibly because of climatic drying after ca. 4200 B.P. After 2500 B.P., there appears to be a further increase in evaporation, although our record is currently incomplete for the period since ca. 1000 B.P. L. Esmeralda has become more organic-rich in the last 2500 years B.P. This coincides with periods when human population across the Mayab turned to permanent settlement and developing urban centres. However, there were no important urban centres near L. Esmeralda during the Mesoamerican Horizons. The pollen and charcoal record shows that the land next to Esmeralda were not used extensively for agriculture. Therefore, a parsimonious explanation suggests eutrophication of the lake without major human disturbance, although there is clear evidence for increased productivity. Finally, more work is currently going on in order to produce a more detailed, complete isotope record for Esmeralda based on shells of gastropods (*Pyrgophorus* spp., family Hydrobiidae). This isotope record based on shells will also facilitate more direct comparison with Chichancanab.

SE18-6

### RECONSTRUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD DE LA REGIÓN SURESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN DURANTE LOS ÚLTIMOS 6000 AÑOS

Gamez Nuñez Emmanuel Jesús<sup>1</sup>, Correa-Metrio Alexander<sup>2</sup>, Escobar Jaramillo Jaime Humberto<sup>3</sup>, Nuñez Useche Fernando<sup>3</sup>, Curtis Jason H.<sup>4</sup>, Romero Francisco<sup>5</sup> y Rodríguez Abauza Gloria Alejandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Universidad del Norte, Colombia

<sup>4</sup>University of Florida

egameznunez@hotmail.com

El estudio de las condiciones climáticas del pasado contribuye a mejorar el entendimiento del sistema climático global moderno. Esta tarea es de vital importancia ya que ayuda a comprender la variabilidad del régimen de humedad de zonas vulnerables a la disminución de la precipitación, como es el caso de la Península de Yucatán. En este estudio se presenta una reconstrucción de las variaciones en la disponibilidad de humedad en la región de la laguna La Encantada, localizada en el sur del Estado de Quintana Roo (Norgripiense y Megalayense). Para el efecto, se utilizó una secuencia sedimentaria de 485 cm de longitud con una edad basal de 6300 años calibrados antes del presente (AP). Los sedimentos se analizaron en términos de geoquímica multielemental (TIC y XRF), isótopos de oxígeno en ostrácodos ( $\delta^{18}O$ ) y composición mineralógica promedio (SWIR). Los resultados permitieron la definición tres zonas, con base en las variaciones más notables de los atributos analizados. El patrón general de la variabilidad sugiere una tendencia hacia condiciones más secas a través del periodo estudiado. Sobre esta tendencia, se expresaron eventos de más alta frecuencia, el más importante de ellos coincidiendo con la sequía que se reporta para la península de Yucatán alrededor de 1000 años AP. Este evento, aparentemente tuvo un papel importante en el declive de la civilización Maya. No obstante, no fue el único episodio de sequía revelado por el registro de la Laguna La Encantada, sobresaliendo una sequía importante

alrededor de 3000 años AP. En términos generales, nuestro registro demuestra que condiciones de sequía extrema fueron frecuentes a través de los últimos 6000 años, y tuvieron una expresión espacial de carácter regional.

SE18-7

### RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL EN SEDIMENTOS DE ORIGEN KÁRSTICO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, LAGUNA ENCANTADA, QUINTANA ROO

Cordero Oviedo María Cecilia y Correa-Metrio Alexander  
Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología  
ceciliacorderooviedo@gmail.com

Los ambientes kársticos permiten la modelación de diversos tipos de estructuras, algunas de ellas con el tiempo colapsan y se rellenan para finalmente convertirse en lagos y lagunas. Alrededor de estos cuerpos de agua se desarrollan diferentes tipos de vegetación con características y limitaciones establecidas por el basamento, y por los factores ambientales locales y regionales. La presente investigación se realiza mediante la extracción de un núcleo de sedimento de 5 metros, del centro de la laguna La Encantada ubicada al sur de la plataforma carbonatada de origen kárstico correspondiente a la Península de Yucatán, en el estado de Quintana Roo. Esta laguna se encuentra rodeada principalmente de manglar y algunas especies características de ambientes de marismas, así como algunas especies de selvas bajas. En esta investigación se definió el escenario de los cambios ambientales en los últimos ~ 6000 años, a través del análisis de espectro de polen y las partículas de carbón del sureste de la Península de Yucatán. Los resultados nos permitieron definir al menos 4 etapas donde se pueden observar los cambios provocados por procesos naturales y/o disturbios antropogénicos. Algunas de estas etapas evidenciaron la ocupación de la civilización Maya y el posterior abandono de las tierras, y por tanto la respuesta de la vegetación. En conclusión, el registro sedimentario de la laguna La Encantada retrata el desarrollo de la vegetación alrededor de la misma durante el Holoceno medio al tardío, permitiendo diferenciar las variaciones ocasionadas por la ocupación humana en un ambiente kárstico.

SE18-8

### SURFACE WIND STRENGTH ALONG THE SOUTH-CENTRAL PERUVIAN COAST AND ITS RELATIONSHIP WITH SEA SURFACE TEMPERATURE DURING THE HISTORICAL PERIOD

Briceño-Zuluaga Francisco<sup>1</sup>, Flores-Aqueveque Valentina<sup>2</sup>, Caqueneau Sandrine<sup>3</sup>, Sifeddine Abdelfettah<sup>4</sup>, Rulliant José<sup>2</sup>, Nogueira Juliana<sup>5</sup>, Cardich Jorge<sup>6</sup>, Salvatelli Renato<sup>7</sup> y Gutierrez Dimitri<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas Universidad Militar Nueva Granada

<sup>2</sup>Universidad de Chile

<sup>3</sup>Institut de Recherche pour le développement-France

<sup>4</sup>Institut de Recherche pour le développement

<sup>5</sup>LARAMG-UERJ

<sup>6</sup>Universidad Peruana Cayetano Heredia

<sup>7</sup>Kiel University

<sup>8</sup>IMARPE-Peru

francisco.briceño@unimilitar.edu.co

Herein, we present a 150 yr, sub-decadal resolution record of a laminated sediment core retrieved at the continental shelf off the Pisco region (14 °S), within the wind-driven coastal upwelling system off South-Central Peru. This area is characterized by local aeolian inputs from seasonal dust storms. The aim of this study is to reconstruct surface wind intensities using aeolian grain size distributions within core B040506, and search for a relationship with the regional sea surface temperature (SST) trend during the last century. Previous sedimentological studies in that area have found that grain size populations are related to local aeolian erosion by Paracas- wind dust storms over the Pisco-Ica region. These phenomena have been linked to the regional South Pacific Subtropical High (SPSH) circulation and its meridional position. Here we present evidence of a wind intensification trend during the last ~100yr (Current Warm Period) concomitant with a decreasing trend in SST, likely related to coastal upwelling intensification over the same period in that area. A possible mechanism that could strengthen coastal winds along prominent upwelling areas, even when some regional numerical simulations predict a weakening of coastal winds along south-central Peru for the ongoing global climate warming, is discussed.

## SE18-9 CARTEL

### LA ESCALA TEMPORAL EN LA INTERPRETACIÓN DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL A PARTIR DE DATOS POLÍNICOS FÓSILES

Ramos-Fabiel Melbi<sup>1</sup> y Correa-Metrio Alexander<sup>2</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
melbi@ciencias.unam.mx

La variabilidad ambiental es un factor determinante de los ensambles de vegetación en el espacio. De manera similar, los cambios ambientales en el tiempo juegan un papel preponderante sobre la historia de la vegetación en una región determinada. En ambos casos, en el espacio y en el tiempo, la manifestación de la variabilidad ambiental en la vegetación depende de la escala bajo consideración. En este trabajo, usamos el registro palinológico del Lago Petén-Itzá para investigar la escala temporal a la cual es más factible que el clima defina los ensambles de vegetación. Para el efecto, usamos modelos lineales generalizados con el objeto de determinar el efecto de diferentes variables ambientales sobre la vegetación de la Península de Yucatán, durante los últimos 86,000 años. La vegetación fue representada a través de diversas métricas (C-scores, tasa de varianza, y modelos de distribución de abundancia no paramétrica) aplicadas sobre el registro polínico del Lago Petén-Itzá. Por su parte, la variabilidad ambiental fue resumida a través de indicadores de disponibilidad de humedad, régimen de incendios, insolación y temperatura global. Así, fue posible cuantificar aspectos sistemáticos de la respuesta de la vegetación a la variabilidad ambiental. Se incorporaron diferentes escalas de tiempo a los análisis mediante el uso de ventanas móviles aplicadas a través de la estructura temporal de los datos. Así, se identificaron periodos de tiempo en los que la aleatoriedad es la principal fuerza estructuradora de la vegetación. Estos periodos coinciden con la inyección de los ciclos Dansgaard-Oeschger y los eventos Heinrich. La disponibilidad de humedad y la temperatura tuvieron los efectos más importantes sobre los atributos de la vegetación. Los cambios en la composición y estructura de la vegetación están asociados con ciclos de condiciones cálidas y relativamente húmedas y entornos secos y fríos. Sin embargo, dicha asociación sólo fue estadísticamente significativa en escalas temporales de centenas a milenios. Así, la relación vegetación-clima, supuesto fundamental de la reconstrucción ambiental basada en los estudios polínicos resultó operativa únicamente en escalas supradecadales.

## SE18-10 CARTEL

### FIRST PRECIPITATION PALAEOCLIMATIC RECORD BASED ON #18O FOR THE LATE HOLOCENE IN MAYA HIGHLANDS

Martínez Dyrzo Haydar<sup>1</sup>, Metcalfe Sarah E.<sup>1</sup>, Jones MatthewD.<sup>1</sup>, Franco Gaviría Felipe<sup>2</sup> y Correa-Metrio Alexander<sup>3</sup><sup>1</sup>School of Geography, University of Nottingham<sup>2</sup>Department of Geography, College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
lgxbma@nottingham.ac.uk

The Maya region has long been studied by palaeoclimatologists since it is an ideal region for analysing relationships between climate, vegetation and humans in the past. However, attention has been focused on the lowlands (in the Mayab, Tabasco (Mexico) and Belize), where dozens of records have played an important role in our understanding of climate change and the role of drought in societal change including the Maya 'Collapse' at the end of the Mesoamerican Classic Period (1150-1000 B. P.). This includes some stable isotope records, in particular, #18O from lake sediments and speleothems as proxies of water balance and precipitation amount respectively. By contrast, only six studies have been published for the highland areas (Chiapas in Mexico and Guatemala). None of these records has applied stable isotope analysis. Here we present the first high resolution isotopic record for a site in the highlands (over 1000 m.o.s.l.), obtained from the sediment core LIQ13 from Lake San Lorenzo, in the Lagunas de Montebello Lake Complex. In addition, we developed a density record as well as a record based on the organic and carbonate content. These proxies make a contribution to the pollen charcoal, and chemical ratios records developed previously using the same core LIQ13 by Franco Gaviría et al. (2018). Their results show high disturbance vegetation in Lake San Lorenzo in times of maximum human occupation circa 2400 to 1500 years B. P. Our results support the idea of high variability in the evaporation-rainfall ratio in the highlands throughout all the record. Changes in the sedimentation rate through the record, including the abrupt change after 610 – 553 years BP, are not linked directly with changes in the evaporation-rainfall ratio, but may be related to changing landuse in the Colonial period.

## SE18-11 CARTEL

### LOS ÚLTIMOS 2,000 AÑOS EN LA LAGUNA DE METZTITLÁN: AMBIENTES LOCALES Y REGIONALES

Olivares Casillas Gustavo<sup>1</sup>, Correa-Metrio Alexander<sup>2</sup> y Romero Francisco<sup>3</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
salvatore1820@gmail.com

La laguna Metztlán, localizada al este del Estado de Hidalgo, es un sistema lacustre con un origen por represamiento natural. Se encuentra ubicada dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. Con una elevación de 1,253 msnm, esta laguna es un ambiente léntico amplio (~ 2,937 ha) y poco profundo (10 m). En este trabajo se recuperó una secuencia sedimentaria de 3.98 m de longitud del fondo lacustre, la cual abarca aproximadamente los últimos 2,700 años. Análisis de geoquímica multielemental, de composición textural relativa y de abundancias relativas de remanentes de cladóceros, permitieron identificar los principales cambios ambientales del Holoceno Tardío en la región. La reconstrucción paleoambiental sugiere que el clima regional ha ido cambiando hacia condiciones más secas, posiblemente debido al desplazamiento meridional de la Zona de Convergencia Intertropical a través del periodo estudiado. No obstante, debido a las características morfológicas de la cuenca, la laguna incrementó su área de superficie bajo condiciones de menor humedad. En términos del tiempo geológico corto, la reconstrucción paleoambiental sugiere un clima regional altamente variable. El incremento en la intensidad y frecuencia de eventos ENSO parecen haber inducido cambios en el régimen de precipitación. En particular, los periodos con alta frecuencia de eventos El Niño indujeron periodos con sequías intensas, que, a su vez, estuvieron relacionadas con variaciones en el nivel lacustre. Los intervalos de mayor productividad en la laguna estuvieron asociados a condiciones de mayor precipitación que incrementaron el arrastre de nutrientes hacia la laguna, mientras que la evidencia en los remanentes de cladóceros sugiere intervalos de menor productividad relacionados a la presencia de macrófitas. Las similitudes entre los resultados obtenidos en este estudio y otros registros sedimentarios respecto a las condiciones ambientales producidas por eventos climáticos secos, por ejemplo, el Periodo Epiplácico Mesoamericano, la Anomalía Climática Medieval (MCA) y la Pequeña Edad del Hielo (LIA), refieren que el sistema Metztlán es altamente susceptible a los forzamientos climáticos de escala global.

## SE18-12 CARTEL

### RECONSTRUCCIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA LAGUNA LA NEGRA, QUINTANA ROO

Sánchez-Rojas Melisa Aranza<sup>1</sup>, Cordero Oviedo MaríaCecilia<sup>2</sup>, Pérez Lisseth<sup>3</sup> y Correa-Metrio Alexander<sup>4</sup><sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>3</sup>Institut für Geosysteme und Bioindikation, Technische Universität Braunschweig<sup>4</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
melisa\_aranza@ciencias.unam.mx

La costa del Caribe de la Península de Yucatán ha estado sujeta a cambios ambientales y ecológicos sustanciales a través del Holoceno. Las causas se asocian a forzamientos climáticos característicos de la zona tropical donde se ubica, además de actividades antrópicas relacionadas con el desarrollo de la civilización Maya. El objetivo de esta investigación es reconstruir los cambios de la vegetación y el clima durante los últimos 2,000 años, en la región de la laguna La Negra, al sur de Quintana Roo. Para realizar el estudio, se recuperó un núcleo de sedimentos de 78 cm de longitud del centro de la laguna a una profundidad de 10 m, del cual se analizaron 21 muestras espaciadas. En cada muestra se identificaron 300 granos de polen y se realizó un análisis geoquímico multielemental mediante el uso de fluorescencia de rayos X. Así, fue posible identificar los principales cambios de la vegetación y el ambiente de la zona. Se observaron cambios significativos en los procesos erosivos, en la dinámica hidrológica y en la sucesión de la vegetación. Posiblemente, los cambios se asocian más a los patrones regionales de ocupación humana que a la variabilidad ambiental. A partir del Colapso Maya (~1,000 AP), es evidente un patrón de recuperación de la vegetación. Este estudio corrobora que los efectos de las actividades humanas sobre la vegetación pueden tener una mayor relevancia en sus patrones evolutivos que las condiciones ambientales regionales. Palabras clave: cambio climático, cultura Maya, hidrología, paleoecología, Península de Yucatán.

## SE18-13 CARTEL

### EVOLUCIÓN DEL MONZÓN DE NORTE AMÉRICA DURANTE LOS ÚLTIMOS 18,000 AÑOS

Pérez-Cruz Ligia<sup>1</sup>, Velázquez-Aguilar Mauricio<sup>1</sup> y Siffedine Abdel<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>IRD Francia

perezacruz@geofisica.unam.mx

El Monzón de América del Norte (MNA), la fuente dominante de lluvia para gran parte de México y del suroeste de Estados Unidos, sigue siendo uno de los sistemas monzónicos menos conocidos. En este trabajo analizamos la evolución del monzón

en un registro sedimentario continuo de la región sur del Golfo de California, cercana al trópico de cáncer, que abarca desde la época de la deglaciación, hace aproximadamente 18 años, y el Holoceno. El modelo de edad se determinó utilizando el software CALIB 7.04, la curva de calibración MARINE 13 y una edad reservorio de 253 + 18 años. Se analizan registros geoquímicos, obtenidos utilizando un escáner de núcleos de Fluorescencia de Rayos X (XRF) no destructivo (Avaatech) cada mm, susceptibilidad magnética y alquenonas. Los registros geoquímicos de alta resolución de Ti, Fe, K/Ti, y la mineralogía magnética se utilizan como indicadores de precipitación, así como las proporciones de Zr / Al y K / Ti para inferir cambios en el transporte y la meteorización química, y alquenonas como proxy de temperatura. Las reconstrucciones indican una disminución regional en la precipitación del monzón durante la deglaciación (~18,150 a 15,195 años cal AP), que sugieren un monzón débil, aunque se alternan intervalos de mayor precipitación. Durante el Bolling Allerod (~15,195 a 12,626 años cal AP) se observan amplias fluctuaciones en los registros geoquímicos y se infiere un aumento en la precipitación entre ~14,988 y 14,057 años cal AP. El Younger Dryas (~12,626 a 11,587 años cal AP) es un período de transición, en donde prevalecen las condiciones frías y secas, y es en el Holoceno Temprano y Medio cuando la precipitación se incrementa de forma significativa, sugiriendo el fortalecimiento del Monzón. Sin embargo, alrededor de 8,000 años cal AP y entre 5,000 y 3,000 años, pareciera que hay un cambio de régimen climático, por la disminución evidente en la precipitación en la región. Los registros también sugieren que la posición de la ZCIT, y la circulación oceánica juegan un papel importante en la intensidad del Monzón. Por otra parte, en el Holoceno Tardío se identifican eventos de disminución en la precipitación, a escala centenaria, entre ~2,686 y 2,650, de 2,475 a 2,427, de 1,219 a 1,173, de 1,042 a 979, entre 874 y 848, y de 703 a 650 años cal AP, que sugieren el debilitamiento del monzón. Se puede decir que en escalas de tiempo glacial-interglacial, las reorganizaciones de la circulación atmosférica inducidas por las capas de hielo tuvieron una influencia dominante en el monzón de América del Norte. Mientras que durante la época interglacial del Holoceno, la migración latitudinal promedio de la ZCIT y las condiciones oceánicas locales desempeñaron un papel más importante en la regulación de la intensidad del Monzón.

SE18-14 CARTEL

### MICROBIAL COMMUNITY STRUCTURE IN THE SUBSURFACE SEABED OF THE GULF OF CALIFORNIA ASSESSED BY FULL-LENGTH 16S RRNA GENE NANOPORE SEQUENCING

Santos Andrés<sup>1</sup>, Coyle Nicola<sup>1</sup>, Van Aerle Ronny van Aerle<sup>1</sup>, Barrientos Leticia<sup>1</sup>, Urrutia Araxi<sup>2</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>3</sup>, Pérez-Cruz Ligia<sup>3</sup>, Choumiline Konstantine<sup>4</sup>, Evangelista Heitor<sup>5</sup> y Martínez-Urtaza Jaime<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

<sup>2</sup>Instituto de Ecología, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>4</sup>UCRS

<sup>5</sup>Universidad de Río de Janeiro

<sup>6</sup>The Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS)

jaime.martinez-urtaza@cefass.co.uk

Marine sediment cores are a fundamental source for information on seabed depositional history and environmental change and provide the opportunity to investigate insights about the microbial life in these deep layers of the marine floor. We analyzed two sediment cores: one collected in the Alfonso Basin, in the Gulf of California, and the second sample from a site at the same latitude but on offshore the Pacific Ocean, aboard of R/V "El Puma" from UNAM. Samples were collected along 50 cm of sediment core recording ca. 500 years (based on 210Pb dates) of depositions. Full-length 16S rRNA gene was amplified and sequenced on the MinION platform. Community analyses showed a decreasing pattern of diversity values (Shannon index) in direct correlation with the layer depth. In addition, bacterial communities along each sediment cores were grouped in four clusters in the function of layer depth. Beta diversity analyses did not show differences in taxonomic composition between sediments cores and samples of both cores were grouped in two main groups (superficial and depth). However, samples of the superficial layer were the most similar between the two sediment cores. 16S rRNA gene analysis indicated a sedimentary bacterial community dominated by phylum Proteobacteria, Firmicutes, and Actinobacteria while at the genus level, Desulfatiglans, Bacillus, and Coxiella were the most abundant. The abundance of these genera consistently increased along depth of the sediment layers, most distinctive increasing was observed among the genus Desulfatiglans. Taxonomy based functional analyses showed that sulfate and nitrate reduction and ammonia oxidation mechanisms predominate in both sediment cores. This information represents a glimpse into the life in the sedimentary layers of oceans and provides unique information to understand basic biological strategies to survive under the particular conditions of these environments.

Sesión especial

# **AVANCES EN LA APLICACIÓN DE MÉTODOS EN GEOFÍSICA SOMERA**

Organizadores:

Martín Cárdenas Soto  
Gerardo Cifuentes Nava  
David Escobedo Zenil  
Esteban Hernández Quintero

SE19-1

## TOMOGRFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE APLICADO A INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS Y FORENSES

Cifuentes Nava Gerardo<sup>1</sup>, Quiroz Diego<sup>2</sup>, Domínguez Luis Antonio<sup>3</sup> y Antillón-Erives Yessmín<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Servicio Magnético, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores-Morelia, UNAM

<sup>4</sup>Ciencia Humanitaria A. C.

gercifue@geofisica.unam.mx

En este estudio se presentan dos casos de aplicación dentro de la Exploración Geofísica Somera (NSG por sus siglas en inglés), usando Tomografía de Resistividad Eléctrica en tres dimensiones (TRE-3D) y Radar de Penetración Terrestre (GPR), en un contexto tanto arqueológico como forense. Con el objetivo de examinar las capacidades de estos métodos, se realizó por una parte un levantamiento en el Panteón Municipal "El Vergel" en la Ciudad de Morelia, Michoacán, previo a una exhumación forense. Por la parte, se llevó a cabo una campaña de alta resolución en el atrio del Ex Colegio Jesuita de la Ciudad de Pátzcuaro, Michoacán, donde se han encontrado y documentado vestigios de entierros coloniales sobre-yacentes a ruinas arqueológicas encontrados en trabajos de instalación de drenaje. La aplicación de TRE-3D y GPR muestran características comunes en ambos casos que concuerdan con la localización de los cuerpos exhumados en el caso de Panteón Municipal y con las excavaciones en el caso del Ex Colegio Jesuita. Para "El Vergel", los perfiles obtenidos proveen de una oportunidad única de probar la confiabilidad de estos métodos en condiciones controladas con excelentes resultados. Gracias a la resolución empleada, es posible delimitar el contenido de la fosa, existiendo una comprobación directa de los resultados una vez que se llevó a cabo el proceso de exhumación. En el estudio del Ex Colegio Jesuita, en Pátzcuaro, se observan otras estructuras regulares que pueden ser asociadas, no solo a entierros, sino además a probables muros y pisos sub-yacentes. Para la investigación arqueológica-forense es indispensable comparar ambos casos debido a la temporalidad de cada uno de ellos y que muestran resultados acordes a las condiciones relacionadas con ésta.

SE19-2

## ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y MAGNETOMETRÍA EN LA PLAZUELA ESTE DE LA PIRÁMIDE DE LA LUNA, TEOTIHUACÁN, MÉXICO

Hernández Sandoval Kelly Pamela<sup>1</sup>, Cifuentes Nava Gerardo<sup>2</sup>, Hernández

Quintero Esteban<sup>3</sup>, García Serrano Alejandro<sup>4</sup> y Ortiz Osio Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

kellyhdez16@gmail.com

Se presentan los resultados del estudio de exploración de geofísica somera que se realizó en la plazuela Este de la Pirámide de la Luna, Teotihuacán, México, en el cual se aplicaron dos métodos geofísicos: Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y magnetometría. Con el fin de mostrar modelos de alta resolución de dicha zona, se emplearon los equipos IRIS Syscal Jr de 24 electrodos y un magnetómetro Geometrics G858 Mag-Mapper respectivamente, en un área de 30x87.5. Teotihuacán es uno de los más importantes complejos arqueológicos de nuestro país, ya que es considerado Patrimonio Cultural de la Humanidad, por esto es importante conocer las estructuras que la forman. Se encontraron coincidencias de estructuras tanto en profundidad como en superficie. Los resultados obtenidos serán de ayuda para que los arqueólogos del INAH puedan planificar y llevar a cabo las intervenciones necesarias a las estructuras que ahí se encuentran con base en los resultados que muestren ambos métodos geofísicos.

SE19-3

## MODELADO MICROGRAVIMÉTRICO 3D DE LA PIRÁMIDE DEL SOL DE TEOTIHUACÁN, MÉXICO

Nava Flores Mauricio<sup>1</sup>, Sánchez González Jesús<sup>1</sup>,  
Sarabia González Alejandro<sup>2</sup> y Escobedo Zenil David<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia  
mnava@unam.mx

La Pirámide del Sol de Teotihuacán es uno de los edificios monumentales más representativos del pasado prehispánico mexicano, cuya estructura interna y procesos constructivos aún no son completamente conocidos. Debido a la necesidad de contar con información útil para caracterizar su estructura interna, la Facultad de Ingeniería por invitación del Instituto de Ingeniería, ambos de la UNAM, en coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia, realizó dos campañas de adquisición microgravimétrica. La primera campaña fue llevada a cabo durante el mes de marzo de 2017 y la segunda, durante el mes de julio de 2018. Como resultado de la primera campaña se generó un modelo tridimensional de la distribución interna de densidades de la pirámide, a partir de cual se reveló una estructura posiblemente asociada a su proceso constructivo. Partiendo de este

modelo y con el objeto de detallarlo, se integraron las lecturas de la segunda campaña, consistentes en mediciones microgravimétricas en el interior del túnel antiguo (prehispánico), así como de los túneles arqueológicos de Noriega y Gamio. En este trabajo se presenta el modelo de densidades 3D de la Pirámide del Sol, construido a través de la integración de los datos microgravimétricos adquiridos en las dos campañas (marzo de 2017 y julio de 2018). El procedimiento general para la obtención del modelo toma en cuenta la densidad media de la zona de estudio, previamente estimada y la inversión de la anomalía residual con un algoritmo tipo Simulated Annealing numéricamente optimizado, empleando como modelo inicial, el modelo resultante de la primera campaña. El modelo final obtenido, formado por un ensamble de grandes dimensiones de elementos prismáticos rectangulares (cerca de 50,000), ajusta satisfactoriamente a la anomalía observada y confirma la estructura interna de densidades de la pirámide, que puede estar asociada a su proceso constructivo.

SE19-4

## ESTIMACIÓN DE UN MODELO 3D DE VS MEDIANTE TÉCNICAS DE RUIDO SÍSMICO

Sánchez Cruz Rosario, Piña-Flores José y Cárdenas-Soto Martín

UNAM

rosbell\_love.22@hotmail.com

La aplicación de técnicas de vibración ambiental permiten explorar el subsuelo. Recientemente, es de gran interés la obtención de la respuesta sísmica de sitio para fines geotécnicos, y con ello la definición de la estructura y la cuantificación de la velocidad de onda de corte. En este trabajo empleamos tres métodos de ruido sísmico: Cocientes Espectral H/V, el Método de Autocorrelación Espacial (SPAC) y el Espectro f-k. El objetivo es obtener una estructura 3D de la velocidad de Vs bajo en un área 56x36 m<sup>2</sup> donde se planteó construir un edificio. La adquisición se llevó a cabo mediante geófonos de 1 y 4.5 Hz conectados a sismógrafos, y un par de sismómetros triaxiales de banda ancha. El análisis de los datos se realizó conformando 15 sectores (arreglos lineales, en L y uno rectangular). La estimación del modelo 3D de Vs partió de la aplicación de Inversión conjunta del cociente H/V con la curva de dispersión de ondas Rayleigh. Obtuvimos una estructura tridimensional de la distribución de la velocidad de onda S que permite analizar el subsuelo hasta 20 m de profundidad; tres estratos y un semi-espacio con un rango de velocidades de 200 a 300 m/s, y 700 m/s, respectivamente.

SE19-5

## MODELOS DE VELOCIDAD DE ONDAS S EN EL ORIENTE DE LA CUENCA DE MÉXICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE DOS KILÓMETROS

Rojas Hernández Rodrigo y Rodríguez González Miguel

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
rrojash@iingen.unam.mx

Se presentan los resultados obtenidos en dos sitios del oriente de la cuenca de México, en donde se realizó exploración sísmica haciendo uso de técnicas de dispersión de ondas superficiales. Se obtuvo un modelo de la estructura de la velocidad de ondas sísmicas de cortante con la profundidad, donde se alcanzaron profundidades de penetración de aproximadamente uno y dos kilómetros. Para lograrlo se pusieron en operación en cada sitio dos arreglos circulares de diez sismógrafos, con estación central, y radio de 300 y 600 metros que registraron el campo de ruido sísmico ambiental con sensores de tres componentes y periodo intermedio, durante al menos 10 horas en cada uno de los sitios estudiados. Se observaron y aislaron ondas Rayleigh y Love en el ancho de banda de 0.3 a 0.7 Hz, principalmente, que fueron procesadas siguiendo de cerca la técnica SPAC. El procesamiento de datos indica que el uso de las mediciones obtenidas durante la noche mejora notablemente las estimaciones de velocidades de fase. Los resultados indican que hasta profundidades de cerca de 500 m la tasa de incremento de la velocidad es de 1.7 seg<sup>-1</sup>, con velocidades de 35 m/seg en las primeras decenas de metros. Para profundidades mayores de 500 m y hasta los 1000 m se estimaron velocidades de 600 y de 1400 m/s

SE19-6

## ANALOGÍA ENTRE LA PROPAGACIÓN DE ONDAS VISCOELÁSTICAS Y ELECTROMAGNÉTICAS: DESARROLLO DE UN PROTOTIPO COMPUTACIONAL 2D

Alvarado Contreras Alejandra y Tago Josué

Facultad de Ingeniería, UNAM

alejandra.alalcon@hotmail.com

La analogía matemática entre la teoría de ondas viscoelásticas y electromagnéticas no es muy conocida y ha sido poco explorada en la comunidad geofísica. En este trabajo, se recopilan los fundamentos de la teoría de propagación de ondas viscoelásticas y electromagnéticas. Además, se plantean formulaciones matemáticas y esquemas físicos para demostrar diversas analogías entre ambos tipos de onda. La correspondencia matemática completa ocurre para el caso 2D entre las ecuaciones de onda SH y del modo TM (transversal magnético)

cuyo desplazamiento ocurre en la dirección "y" perpendicular al plano de propagación (x-z). A partir de ello, se elabora un prototipo computacional que modela la propagación de estas ondas en un medio isótropo y con atenuación (viscoelástico para el caso de ondas materiales y dieléctrico disipativo para el caso electromagnético). El código desarrollado se aplica en dos ejemplos basados en parámetros geofísicos reales. Como resultado del modelado directo se obtienen imágenes de las ondas en todo el dominio a lo largo del tiempo, además de sismogramas (caso viscoelástico) y radargramas (caso electromagnético), para visualizar el comportamiento de las ondas.

SE19-7

### MEDICIONES DEL CAMPO DE RUIDO SÍSMICO PARA OBTENCIÓN DE UN PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA VS Y PERIODO DOMINANTE EN EL SITIO SCT, CIUDAD DE MÉXICO

Martínez-González Jose A., Rojas Hernández Rodrigo, Ovando-Shelley Efraín y Rodríguez-González Miguel  
Instituto de Ingeniería, UNAM  
josamago@gmail.com

En los últimos años, se ha demostrado que la aplicación de técnicas que hacen uso de la dispersión de ondas superficiales, estiman modelos de velocidad de corte en función de la profundidad confiables, de una manera relativamente asequible y dentro de un marco de tiempo razonable. Del mismo modo para estimar la frecuencia fundamental del suelo. Ante esto, registros de ruido sísmico para estudios de dispersión de ondas superficiales y relación espectral de microtemores fueron realizados en marzo de 2019 a un costado de la estación sísmica SCT. Hemos centrado nuestro estudio en este sitio de referencia, puesto que ha sido estudiado por diversos autores y que ha llamado la atención desde el sismo de 1985, siendo nuevamente afectado por los sismos de 2017. Este sitio posee información geotécnica y geofísica que ha sido recopilada y que será contrastada con los resultados obtenidos de esta investigación. Este trabajo presenta la estimación de un modelo de velocidad de onda S y frecuencia fundamental para el tiempo referido. Esta información servirá para reproducir de manera teórica el cociente espectral H/V. Se realizaron mediciones de arreglos de microtemores (MAM) basados en la autocorrelación espacial (Aki, 1957), para obtención de perfil de velocidad de corte en función de la profundidad. Los datos del arreglo de ruido sísmico fueron adquiridos por 24 geófonos verticales con frecuencia natural de 4.5 Hz. Un total de dos arreglos de microtemores fueron obtenidos. La geometría de los arreglos fue siempre con geófonos dispuestos en una línea. El primer arreglo consistió de geófonos separados a 2 m; el segundo arreglo, por sensores espaciados a 5 m. De este modo, hemos diseñado el experimento para obtener a detalle ~25 m y complementado con información a profundidad. Reportamos una profundidad alcanzada de 50 m. En tanto que el ruido sísmico para estimación de período fue tomado con un sensor triaxial de banda ancha con respuesta plana entre 30s a 50 Hz. La estimación de la velocidad de onda S se compara con datos de Sonda Suspendida (SS) y Downhole (DH) obtenidos en 1986. Se consignan velocidades para la Cubierta Superficial (CS) de 108 m/s. Para la Formación de Arcilla Superior (FAS) valores en el intervalo 77-99 m/s; para la Capa Dura (CD) una velocidad de onda de corte de 146 m/s. Sin embargo, por la naturaleza del método de ondas superficiales, es decir, por la longitud de onda mínima registrada por los arreglos, no fue posible caracterizar específicamente los espesores de la CD y Formación de Arcilla Inferior (FAI), así como la velocidad de esta última capa. Comparando estos resultados con datos de SS se observan un considerable incremento de velocidad en el intervalo de 4-44% para la FAS. Así mismo, las velocidades reportadas para el CD y FAI son menores en comparación con los datos previos. Por otro lado, el cociente espectral reporta una frecuencia dominante de 0.73 Hz y una amplitud relativa asociada de 7 veces.

SE19-8

### ACTIVE-SOURCE SEISMIC STUDIES OF LEMON CREEK VALLEY GLACIER, JUNEAU, ALASKA

Gonzalez Lucia, Karplus Marianne, Veitch Stephen, Chaput Julien y Kaip Galen  
University of Texas at El Paso, UTEP  
lfgonzalez5@miners.utep.edu

Active-source seismic studies on glaciers can help us understand ice and subglacial sediment properties including structure, rheology, seismic velocity, and fluid content. Variability of these properties can affect the modeling of glacier dynamics through time. Lemon Creek Glacier is a small, temperate, valley glacier situated in the Juneau Icefield near Juneau, Alaska, that is approximately 6.40 km long and located at an elevation of roughly 1052 m. Observations by the Juneau Icefield Research Program and others over the past 60+ years have recorded the retreat of the Lemon Creek Glacier likely due to climate change. To better understand the glacial environment and dynamics, we collected a roughly 1-km-long active-source seismic reflection and refraction line near the centerline of Lemon Creek Glacier during June 2017. This seismic line included 51 5-Hz Magseis Fairfield Z-Land nodal seismometers with 20-m-spacing, and 52 Betsy seis gun shots between the nodes with 20-m-spacing. Between 2 and 7 shots were fired at each of the source locations and then stacked in order to improve signal-to-noise ratio. During July 2017, 12 out of the 51 receivers were relocated along a roughly 1-km seismic line with 100-m-spacing while the

remaining receivers were distributed across the upper half of the glacier. Twelve shots were fired along the seismic line with approximately 100-m-spacing, while 13 shots were fired next to other receivers. Active-source seismic methods have been successfully applied to understand other glaciers, including Taku glacier (Southeast of Juneau, Alaska), Bench Glacier (Alaska), and Russell Glacier (West Greenland). We present results from an attenuation study applying a spectral ratio method that allows the visualization of the wave-energy loss with offset along the Lemon Creek glacier. In addition, we discuss the steps and application of an Amplitude vs Angle (AVA) analysis in the glacier, while examining the implications for the subglacial sediment properties that likely affect the flow behavior and hydrology of the glacier. We finally elaborate on the potential of these techniques to interpret and understand similar glacial environments around the world affected by climate change.

SE19-9 CARTEL

### ESTUDIOS DE GEOFÍSICA SOMERA EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE COMALCALCO TABASCO

Escobedo Zenil David<sup>1</sup>, Sánchez-González Jesús<sup>1</sup>, García-Serrano Alejandro<sup>1</sup>, Díaz-Aguirre Pablo<sup>1</sup>, Cárdenas-Soto Martín<sup>1</sup> y Armijo-Torres Ricardo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>2</sup>INAH  
dezenil@unam.mx

La zona arqueológica de Comalcalco es el sitio arqueológico más occidental del área Maya, el cual fue uno de los lugares de mayor importancia en las rutas comerciales de la zona. Actualmente, este sitio arqueológico se encuentra en constante estudio y exploración por parte de los arqueólogos, para los cuales representa diferentes retos de investigación e interpretación del mundo maya. Esta zona tiene en sus alrededores, áreas que no han sido excavadas y que sugieren la existencia de restos tales como juego de pelota y otros. La Facultad de Ingeniería realizó un trabajo de exploración geofísica inicial para apoyar los estudios exploratorios arqueológicos, en donde se aplicaron los métodos sísmicos, gravimétrico, magnetométrico, eléctrico y de radar. Los estudios se enfocaron en el Grupo Oeste, la Gran Acrópolis y la Plaza Norte. Las características morfológicas de la zona fueron claves para el diseño de los estudios geofísicos realizados, los cuales permitieron hacer una caracterización inicial de las estructuras para diferentes objetivos de exploración, los cuales contemplaron la exploración de zonas de entierros, características estructurales de los edificios y caracterización del edificio en la Gran Acrópolis. Los resultados son diversos y nos permiten determinar las zonas que requieren una segunda etapa para ampliar y mejorar la caracterización geofísica realizada.

SE19-10 CARTEL

### EXTRACCIÓN DE ONDAS RETRODISPERSADAS EN INTERFEROMETRÍA DE RUIDO SÍSMICO AMBIENTAL

Cárdenas-Soto Martín  
UNAM  
martinc@unam.mx

La detección de discontinuidades en profundidades someras es de gran importancia para el desarrollo de obras de ingeniería. Éstas pueden ser: fallas, cavidades, tuberías, construcciones antiguas, y en general, toda aquella estructura irregular que produzca contrastes fuertes de propiedades en el subsuelo. En este trabajo exploramos ondas superficiales retrodispersadas extraídas de la correlación cruzada de ruido sísmico. Para ello hacemos uso de arreglos de geófonos verticales de 4.5 Hz con separaciones menores a 5 m. Mostramos que el pre-procesamiento de datos de ruido es fundamental para la extracción o no de esas ondas, pues de ello depende la calidad de la imagen de dispersión. La posición del difractor a lo largo del tendido es bien establecida. Sin embargo, precisar la posición en profundidad y tamaño de la discontinuidad depende de la banda de frecuencia en la cual emerja la función de correlación.

SE19-11 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN DE TÚNELES ALREDEDOR DE LA PIRÁMIDE DE LA LUNA POR MEDIO DE LA COMBINACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS

Sánchez-González Jesús<sup>1</sup>, Tejero-Andrade Andrés<sup>1</sup>, Cárdenas-Soto Martín<sup>1</sup>, Escobedo Zenil David<sup>1</sup> y Ortega-Cabrera Verónica<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Ing. Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM, FI-UNAM  
<sup>2</sup>Instituto Nacional de Antropología e Historia  
jsanchez@unam.mx

La existencia de túneles y cavidades en la zona arqueológica de Teotihuacan es bien conocida y ha sido ampliamente estudiada a lo largo de varias décadas con estudios arqueológicos, geológicos y geofísicos que han brindado una mejor precisión y detalle conforme avanzan los desarrollos tecnológicos de dichas áreas. Los resultados de estos han brindado un mejor entendimiento de la cultura y actividades de la zona arqueológica, tanto que aun a la fecha se han efectuado nuevos descubrimientos en diferentes puntos de la ciudad. Un ejemplo de ello es el trabajo de investigación que ha llevado el INAH, desde 2015, alrededor de la Pirámide de la Luna y que ha permitido encontrar fosas y túneles que

antes eran desconocidos. Es por lo que, se ha decidido retomar algunas zonas exploradas durante la década de los 90 con la combinación de nuevas tecnologías y diversos métodos geofísicos. De acuerdo a lo mencionado, se han retomado los estudios al este de la Pirámide de la Luna cuyo objetivo es identificar y caracterizar túneles y cavidades formados por flujos piroclásticos, corroborando con perfiles de magnetometría los resultados ya reportados, empleando perfiles de Tomografía de Resistividad Eléctrica y Micro gravimetría para dar una nueva y mayor resolución a la zona de estudio, y haciendo uso de perfiles de sísmica para definir el medio en que se forman dichas estructuras.

Sesión especial

# **SARGAZO**

Organizadores:

Ligia Pérez-Cruz

Elisa Serviere Zaragoza

SE20-1

## DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS ASOCIADAS AL ARRIBO DE SARGAZO A COSTAS DE QUINTANA ROO

Salinas Prieto José Antonio, Maya Magaña María Eugenia y Hernández Martínez Constantina  
*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA*  
 jsalinas@tlaloc.imta.mx

El arribo del sargazo en forma masiva genera impactos ambientales, sociales y económicos adversos. Se sabe poco de su origen y trayectoria, así como de las condiciones atmosféricas y oceánicas bajo las cuales arriba a costas de Quintana Roo. En este trabajo se presenta un diagnóstico de la variabilidad estacional, anual e interanual de las circulaciones atmosféricas en el Atlántico y Caribe identificando las condiciones atmosféricas bajo las cuales arriba de sargazo a costas de Quintana Roo. Se analizaron 30 años de datos de viento superficial de CFRS (Climate Forecast System Reanalysis) de NCAR sobre el Atlántico y Caribe, dividiendo la zona en seis áreas, para cada una se estimó su variabilidad estacional, anual e interanual, así como sus valores extremos del período 1989 a 2018, enfocándose el estudio tanto al Mar Caribe como a la costa Atlántica de Brasil. Una vez diagnosticados los vientos medios, extremos (percentiles 10 y 90) y su correlación con la NAO (Oscilación del Atlántico Norte, por sus siglas en inglés) en forma interanual, se analizaron años particulares del período reciente: de 2010 a 2019 incorporando la convergencia de viento como un proceso físico asociado a la acumulación de sargazo y la temperatura superficial del mar y correlacionándolo también con la NAO. En los resultados se aprecia que las condiciones atmosféricas para transportar sargazo a costas de Quintana Roo son más favorables en verano que en invierno, adicionalmente, que los extremos mayores (percentil 90) en el Caribe favorecen el transporte de sargazo tanto en invierno como en verano, no obstante, la "conectividad" con otras regiones (vientos en el Atlántico central) hace más favorable el verano, pero potencialmente viable el invierno. Se discuten las condiciones atmosféricas de años recientes extremos: 2013 (sin arribo de sargazo) y 2018 (con sargazo abundante).

SE20-2

## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO NUMÉRICO OPERATIVO PARA LA PREDICCIÓN DE LA CIRCULACIÓN Y EL MOVIMIENTO DEL SARGAZO EN EL MAR CARIBE OCCIDENTAL

Díaz García Ovel, Zavala Hidalgo Jorge y Vázquez Cruz Perla Isabel  
*Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM*  
 ovel.diaz@atmosfera.unam.mx

Se ha desarrollado la primera etapa de un sistema de pronóstico numérico operativo para la predicción de los campos de velocidad, temperatura, salinidad y nivel del mar en el Mar Caribe occidental. Este sistema utiliza el modelo Finite-Volume Community Ocean Model (FVCOM) del Laboratorio de Modelado de Dinámica de Ecosistemas Marinos de la Universidad de Massachusetts-Dartmouth, con forzamiento meteorológico proveniente del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) y condiciones iniciales y de frontera abierta provenientes del HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). El modelo FVCOM utiliza mallas no estructuradas que son ideales para resolver en alta resolución las zonas de interés. En una primera etapa las zonas de interés comprenden la costa desde Cancún a Playa del Carmen incluyendo la isla de Cozumel. Para ello se han generado dos configuraciones de mallas. Una primera configuración con una malla de resolución intermedia (de 2 a 10 km), para obtener una circulación general y ejercicios de prueba de concepto. La segunda configuración es con dos mallas anidadas una de resolución intermedia y otra de alta resolución (100 m a 2 km). El modelo FVCOM ha sido configurado con 50 niveles verticales con s-coordenadas y realiza nudging de la altura de la superficie del mar utilizando las salidas del HYCOM-Global. Se generan mapas de superficie libre del mar, temperatura, salinidad y rapidez de las corrientes superficiales. El sistema ha sido automatizado y agregado al sistema de pronóstico más general que corre el grupo de Interacción Océano-Atmósfera del Centro de Ciencias de la Atmósfera. Las salidas del FVCOM están pensadas para alimentar, en una segunda etapa, un módulo de transporte de partículas que se encargará de predecir el movimiento del sargazo en el Mar Caribe occidental y especialmente en las zonas cercanas a la costa.

SE20-3

## ESFUERZOS HACIA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE ARRIBAZONES DE SARGAZO

Allende Arandía María Eugenia<sup>1</sup>, Durán Rodrigo<sup>2</sup>, Ramírez Manguilar Ana<sup>1</sup> y Appendini Christian<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM  
<sup>2</sup>Theiss Research  
 mallendea@ingen.unam.mx

Como consecuencia del incremento de arribazones de sargazo a las costas del Caribe Mexicano, se ha conformado un grupo de trabajo interinstitucional orientado a desarrollar un sistema operacional que permita emitir alertas tempranas de los arribazones. En este trabajo se presentan únicamente los esfuerzos realizados

por el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros del Instituto de Ingeniería y por Theiss Research. Como primera etapa de los trabajos se está realizando una caracterización de los patrones de circulación atmosférica y oceánica utilizando mapas auto-organizados y estructuras lagrangianas coherentes. La caracterización de la interacción océano-atmósfera utilizando los mapas auto-organizados nos permiten identificar aquellos patrones de circulación que promueven el transporte del sargazo a mares mexicanos, mientras que las estructuras lagrangianas coherentes nos indican las rutas preferenciales para el desplazamiento del sargazo, así como aquellas barreras de transporte que impiden el paso del mismo. Se presentará el esquema general de trabajo para el desarrollo del sistema operacional y resultados preliminares de la caracterización de los patrones de transporte del sargazo al Caribe Mexicano.

SE20-4

## TRATAMIENTO DE IMÁGENES MODIS PARA LA DETECCIÓN DE SARGAZO EN EL MAR CARIBE

Martínez Flores Guillermo<sup>1</sup>, López Sillas Dulce Carolina<sup>2</sup> y Morales Pérez Rubén Antelmo<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas  
<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de La Paz  
<sup>3</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
 gmflores@ipn.mx

Los eventos recurrentes de arribo de sargazo al Caribe mexicano han causado serios problemas ambientales y económicos, motivando la necesidad de su detección a largo plazo y a diversas escalas espaciales. El objetivo de este trabajo (en desarrollo) es implementar un enfoque metodológico para realizar esta detección a partir de imágenes de diversa resolución espacio-temporal (MODIS, Landsat-8 y Sentinel-2) y software de código abierto. Se incluye la segmentación de regiones identificadas como sargazo, así como la estadística de la cobertura de tres celdas de 10 x 10 grados de la malla sinusoidal MODIS (MOD09A1) correspondientes al Mar Caribe. El proceso se realiza con una cobertura temporal de enero de 2018 a junio de 2019 en 210 celdas (tiles) que corresponden a escenas con la reflectancia para 7 bandas en composiciones de 8 días (46 escenas anuales por celda). Se presentan los resultados de los algoritmos para detectar la presencia de sargazo y cuantificar su cobertura usando el índice de algas flotantes (en escenas MODIS). El monitoreo continuo de sargazo es esencial para elaborar sistemas de alerta temprana para mitigar su impacto en la zona costera del Caribe mexicano.

SE20-5

## SIMULACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL SARGAZO EN EL OCEANO ATLÁNTICO DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Martínez López Benjamín y Bracamontes Ramírez Joel  
*Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, CCA*  
 benmar@atmosfera.unam.mx

En este trabajo se analiza la distribución de sargazo pelágico en el océano Atlántico y su variabilidad que se presenta año con año durante las últimas décadas utilizando datos disponibles de satélites. Se detectan varias localidades frente a la desembocadura del Río Amazonas que parecen ser la fuente de las grandes cantidades de estas algas que arribaron a las costas del Caribe mexicano durante los últimos años de una manera irregular. Utilizando corrientes geostrofas, obtenidas de datos de altimetría satelital, se realizaron varios experimentos numéricos utilizando partículas inertes flotando libremente en la superficie del mar para estimar la advección y la dispersión del sargazo durante el período de 1993 a 2018. Las trayectorias seguidas por estas partículas son muy sensibles a la elección de las condiciones iniciales debido a la complejidad del sistema de corrientes superficiales presente en las regiones cercanas a la costa brasileña. Nuestros resultados muestran que los patrones espaciales observados del sargazo exhiben características comparables a los obtenidos numéricamente usando corrientes geostrofas. En particular, las características espaciales del extenso patrón observado en el año 2011 son reproducidas satisfactoriamente, así como su primera llegada masiva, en el año 2015, a las playas del Caribe mexicano.

SE20-6

## MODELO DE MAXEY-RILEY PARA LA DERIVA DE OBJETOS FLOTANTES

Beron-Vera Francisco  
*University of Miami*  
 fberon@rsmas.miami.edu

Se propone un modelo para la deriva de objetos floatantes basado en la ecuación de Maxey-Riley, la cual controla el movimiento de partículas inerciales (i.e., con masa y de tamaño finito) inmersas en el flujo de un fluido. Se discuten las propiedades del modelo así como sus ventajas respecto a formulaciones anteriores. Se discute también una extensión del modelo para la deriva de esteras de sargazo, las cuales se describen como cadenas de partículas inerciales con conexiones elásticas. Trabajo en conjunto con María J. Olascoaga y Philippe Miron.

SE20-7

## CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL SARGAZO Y MATRICES ASOCIADAS

Beramendi Orasco Laura Eugenia<sup>1</sup>, Mora Lucy<sup>1</sup>, Tadeo Javier<sup>1</sup>, Zamora Olivia<sup>1</sup>, Cienfuegos Edith<sup>1</sup>, Otero Francisco<sup>1</sup>, González Hernández Galia<sup>2</sup>, Prado Blanca<sup>1</sup>, Vega Fabiola<sup>1</sup>, Salazar Maricarmen<sup>1</sup> y Barragán Ricardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
laurab@geologia.unam.mx

En el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) se están realizando una batería de análisis en muestras de sargazo, agua de mar y lixiviados generados tras su descomposición con el objetivo de caracterizarlos químicamente y poder evaluar el impacto ambiental de la presencia del sargazo en la costa, su disposición, y la viabilidad de usarlo como fertilizante de suelos a nivel regional, ya sea composteado, como biocarbón o una mezcla de ambos para mejorar los suelos de la región. Esta caracterización incluye análisis de composición elemental (carbono, nitrógeno, azufre y fósforo), análisis de la concentración total y biodisponible de metales y metales pesados (arsénico y metales pesados), así como de contaminantes emergentes. Esta información resultará relevante para poder diseñar estrategias a mediano plazo para el aprovechamiento de la biomasa, en específico sea como fertilizante (tanto composteado o aprovechando el biocarbón resultado de su gasificación) mejorando suelos agrícolas, o como materia prima para la producción de compuestos químicos con usos diversos. Además, se presentarán resultados de la composición elemental (Carbono, Nitrógeno y Fósforo) e isotópica (delta-13C, delta-14C y delta-15N) del sargazo para muestras anuales de sargazo recolectadas en la Riviera Maya desde el año 2012, con el objetivo de evaluar cambios temporales para los últimos 6 años y ayudar a entender mejor las causas del aumento en su acumulación en los últimos años.

SE20-8

## SARGASSUM: OPEN QUESTIONS

Sheinbaum Julio  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
julios@cicese.mx

The landmark recent publications (e.g. Wang et. al., 2019 doi: 10.1126/science.aaw7912 and references there in) about the sargassum bloom in the Tropical Atlantic shed important light on the problem, but many questions remain. Evidences of the bloom origin and recurrence are scarce and several processes may be involved highlighting the need of much more research on the subject. The detection problem is also in its infancy, considering the need of higher temporal resolution images, use of different frequencies and spectral bands to gather more information to eliminate noise (e.g. clouds) and the fact that a fair amount of sargassum may be near but not right at the surface, so undetectable with standard algorithms. We don't really know how sargassum moves nor the role of small scales in its aggregation/deaggregation processes. Less is known about its physiology, growth rates and impact of the massive arrivals on the coral and coastal ecosystems. Some of these issues are discussed as well as suggestions to better address the problem.

SE20-9 CARTEL

## EFFECTO DEL SARGAZO EN EMBRIONES DEL CORAL CUERNO DE ALCE ACROPORA PALMATA EN MÉXICO

Lopez Corrales Cassandra<sup>1</sup>, Banaszak Anastazia<sup>2</sup>,  
Carpizo Ituarte Eugenio<sup>3</sup> y Medina-Rosas Pedro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México Unidad Académica de Sistemas Arrecifales

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California Instituto de Investigaciones Oceanológicas

<sup>4</sup>Universidad de Guadalajara, UdeG  
cassandra2541@hotmail.com

Cantidades inusualmente altas de Sargassum han afectado en los últimos años las costas de México y otros sitios del Mar Caribe. Con más de un metro cúbico de acumulación por metro de línea de costa al día, las algas y sus residuos afectan la fauna de diversas formas. Uno de los organismos afectados por la presencia del sargazo son los corales arrecifales, en diferentes partes y aspectos de su ciclo de vida. La reproducción de corales arrecifales implica que los gametos son liberados al agua y las etapas tempranas flotan durante unos días en la superficie del agua, donde pueden ser afectados de diversas formas por los parches de sargazo. Se realizaron experimentos durante 2018 y 2019 con el objetivo de determinar el efecto que tiene el sargazo en los embriones del coral cuerno de alce *Acropora palmata*. El diseño experimental consistió en tres tratamientos con la presencia de sargazo, en tres cantidades diferentes, y aireación, y dos controles sin el alga, uno con y otro sin aireación. Los embriones fueron colocados desde la fertilización hasta el término del desarrollo embrionario, cuando son larvas competentes listas para su asentamiento, y de esta forma iniciar la vida en el fondo marino. Los embriones colectados fueron revisadas con un microscopio estereoscópico y se determinaron las dimensiones

de los corales y el impacto físico. De manera general se observó que aunque los corales sobreviven a la presencia del sargazo, son afectados principalmente en el tamaño, aunque no de manera significativa. Aunque no mueran, si los embriones y larvas quedan atrapados en los parches de sargazo, el alga los arrastra hasta la playa, donde morirán por la calidad del agua, o si sobreviven, su ciclo de vida estará comprometido, tanto por su dimensión, como por las condiciones. Si la presencia y magnitud de las arribaciones de sargazo continua o aumenta, las implicaciones en las etapas tempranas de los corales podrán ser considerables y tener consecuencias negativas en el reclutamiento coralino, y por lo tanto en la salud del arrecife.

SE20-10 CARTEL

## REVISIÓN DEL CONOCIMIENTO ACTUAL DE LA VARIABILIDAD INTERANUAL DEL SARGAZO EN EL MAR CARIBE Y GOLFO DE MÉXICO

Robles Muñoz Daniel, Zavala Hidalgo Jorge y Romero Centeno Rosario  
Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM  
danept@ciencias.unam.mx

El reciente florecimiento de grandes cantidades de Sargassum (sargazo) en el Atlántico, ha generado importantes afectaciones en costas mexicanas. Diversos estudios con imágenes satelitales han identificado posibles zonas de origen y distribución de sargazo, particularmente asociadas al Atlántico Ecuatorial. Recientemente se han hecho esfuerzos por rastrear el ciclo anual del sargazo con imágenes satelitales. Sin embargo poco se conoce de la variación interanual del sargazo y los mecanismos que llevaron al comportamiento actual del sargazo en el Caribe y Golfo de México. Se investigó, describió y analizó el estado del arte sobre la variabilidad interanual del sargazo y las causas propuestas para eventualmente poder vislumbrar algunos posibles procesos de la tendencia actual de dispersión y transporte del sargazo.

SE20-11 CARTEL

## DEVELOPING KNOWLEDGE BASE FOR HOW TO DEAL WITH THE SARGASSUM CRISIS IN THE CARIBBEAN

Sanjurjo Enrique, Marín Emilia y Elosa Esbaide  
World Wildlife Fund, Inc., WWF  
esanjurjo@wwfmex.org

The Mexican portion of the Mesoamerican Reef is suffering from an unusual amount of sargassum. It is estimated that around 800 000 to 1 000 000 tons of this seaweed will end at the beaches of Cancun during 2019. This is blocking sunlight to corals, affecting the arrivals or sea turtles, creating pollution inland (for example lixiviation of nutrients to aquifers), and driving to unsustainable ways for attending the problem (for example using heavy machines that affect turtle nesting sites), among other negative effects. The problem could not be attended locally. It requires a coordinated efforts between countries in the Caribbean to stop this crises from its root causes. WWF will present the results of a regional expert panel on how to deal with the problem in a regional scope, from the perspective of an NGO with presence in many countries at the Caribbean.

SE20-12 CARTEL

## OBSERVACION Y CUANTIFICACION DE EFECTOS INERCIALES EN LA DERIVA DE OBJETOS FLOTANTES

Olascoaga María Josefina  
University of Miami  
jolascoaga@rsmas.miami.edu

Se realiza un experimento de campo involucrando boyas de diversos tamaños, flotabilidades y formas para investigar la importancia de efectos inerciales en su deriva. Se muestra como estos efectos son bien descritos por un modelo de Maxey-Riley recientemente propuesto, incluso en el caso de hiedras artificiales representando esteras de sargazo. Trabajo en conjunto con F. Beron-Vera, P. Miron, U. Rivero, J. Trinanes, R. Lumpkin and G. Goni.

SE20-13 CARTEL

## ALGUNOS ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS DE LA DINÁMICA DEL SARGAZO EN EL ATLÁNTICO ECUATORIAL Y MAR CARIBE

Morales Rubén, García Juan Gabriel, Arroyo Víctor y Millán Cecilia  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
rmorales@tlaloc.imta.mx

El arribo del sargazo en las costas de Quintana Roo han causado un impacto social y económico en el turismo de playa que se lleva a cabo en la península. Uno de los aspectos principales del sargazo es conocer su ciclo y las condiciones ambientales que favorece su crecimiento e incursión al Mar Caribe con su consecuente arribo a la zona costera del Caribe mexicano. Por lo tanto, con la finalidad de establecer los procesos físicos que determinan su origen y transporte del Atlántico Ecuatorial

al Mar Caribe se lleva a cabo una revisión de datos históricos de temperatura y salinidad para establecer posibles causas de su exacerbado crecimiento. Con base a los resultados derivados y la dinámica de las corrientes se plantea establecer un sistema de pronóstico y de alerta de arribo de sargazo para mitigar su impacto a la zona costera.

Sesión especial

# **GENERAL**

Organizadores:  
Daniel Peralta  
Ligia Pérez-Cruz

## SE22-1 CARTEL

## DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL HÍDRICO EN LA CUENCA SAN MIGUEL DE COMONDÚ DE LA FORMACIÓN COMONDÚ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Madrid Amao Silvia, Flores López María Z., Pérez Venzor José Antonio y Camarena Vázquez Jesús Guillermo  
*Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS. Departamento Académico de Ciencias de la Tierra. smadrid.amao@gmail.com*

Baja California Sur en su porción septentrional, se caracteriza por presentar condiciones desérticas y un régimen hídrico de escasas precipitaciones. Las principales escorrentías de la región son de régimen intermitente ya que estas mayoritariamente fluyen en temporada ciclónica. Geológicamente el área de estudio se sitúa en la Provincia Sierra de La Giganta. En dicha provincia en gran medida afloran principalmente rocas volcánicas alternadas con rocas sedimentarias agrupadas bajo la denominación como Grupo Comondú o Formación Comondú. Esta investigación se limita en el municipio de Comondú del estado de Baja California Sur, en el arroyo más representativo de la cuenca Comondú, el cual se encuentra ubicado en la cuenca de Mezquitil – Comondú. El objetivo principal de este trabajo es realizar una descripción climatológica, geológica e hidrológica del área de estudio para generar una caracterización de las condiciones hídricas de la cuenca San Miguel de Comondú desarrollando una modelación hidrológica del comportamiento del ciclo hidrológico mediante el software HEC-HMS. Se realizaron visitas a campo para la toma de muestras in situ de calidad de agua del arroyo Comondú, para observar e interpretar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del cauce en base a la Norma oficial mexicana 127- SSA1 – 1994 “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización” en la temporada de verano e invierno. Los resultados preliminares serán un marco de referencia para cuencas hidrográficas circunvecinas en el área de estudio.

## SE22-2 CARTEL

## EL USO DE MANEJADORES DE BASES DE DATOS COMO HERRAMIENTA EFICIENTE PARA EL ALMACENAMIENTO DE DATOS GEOFÍSICOS

Rodríguez Osorio Daniel, Tecanhuey Sánchez Héctor y Velásquez Orozco Manuel  
*Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 daniel@geofisica.unam.mx*

En el campo de la geofísica generalmente obtenemos datos de los instrumentos que utilizamos para monitorear el comportamiento de ciertos fenómenos, que al estudiarlos mediante la adquisición y el procesamiento de los datos obtenidos nos ayudan a entender los cambios y comportamientos de los fenómenos que ocurren en nuestra madre tierra: emisión de gases en volcanes, variaciones en el geomagnetismo de la tierra, remanentes de emisiones solares que cruzan la atmósfera, y muchos otros más, para todos estos fenómenos se han logrado construir instrumentos de monitoreo los cuales nos proporcionan información que varía con el tiempo y en base ciertas circunstancias, o bien, otros fenómenos que ocurren paralelamente, esta información de vital importancia para el científico que trata de entender el comportamiento de tales fenómenos. El presente trabajo tiene como principal objetivo mostrar la eficiencia de los manejadores de bases de datos como medio de almacenamiento de datos geofísicos, así mismo se pretende mostrar las ventajas de usar este tipo de herramientas para la consulta y procesamiento de la información obtenida a partir de los instrumentos de monitoreo.

## SE22-3 CARTEL

## EL USO DEL NI-9215 COMO ADQUISIDOR DE DATOS DE 4 CANALES, EN UN RANGO DE -10 V. A +10V. PARA LAS SEÑALES DE ENTRADA

Rodríguez Osorio Daniel, Velásquez Orozco Manuel y Tecanhuey Sánchez Héctor  
*Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 daniel@geofisica.unam.mx*

En el campo de las Ciencias de la Tierra a menudo se utilizan antenas o detectores que constan de sistemas eléctricos o electrónicos, estos instrumentos normalmente entregan señales eléctricas que oscilan en un rango de voltaje, adicionalmente requerimos de algún otro dispositivo que nos permita realizar una conversión analógica-digital con la finalidad de entregar como una señal digital la información de nuestros instrumentos a un sistema de cómputo, para procesarlos o almacenarlos. National Instruments (NI) es una empresa que se dedica a fabricar, entre otras cosas, dispositivos electrónicos que nos permiten tomar la señal eléctrica de algún otro dispositivo para convertirla a digital, transmitirla, filtrarla, etc. En este caso específico ilustraremos como utilizar el NI-9215. Además de la fabricación de los dispositivos, NI ha desarrollado un software que nos permite interactuar con sus dispositivos electrónicos, y así mediante software manipular la señal eléctrica de diversas maneras, este programa computacional se llama LabView, el cual trabaja en base a instrumentos virtuales. Ilustraremos algunas aplicaciones exitosas del NI-9215 en el ámbito de las Ciencias de la Tierra.

## SE22-4 CARTEL

## CIENCIA EN LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA HUMANA EN EL PLANETA TIERRA

Ramírez Mendoza José de la Luz  
*Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
 mmongolo60@gmail.com*

Ciencia en la preservación de la vida humana en el planeta Tierra Palabras clave. Ciencia, sociedad de mercado, agenda negativa, vida humana. Se presentan argumentos en favor de que cada investigación científica, incluidas las de geociencia, justifiquen explícitamente su pertinencia con un mundo mejor. Considérese que la ciencia es parte de la historia y no es aséptica a la lucha política, la sociedad tiene como valor máximo a la vida humana, la agenda negativa es realmente existente y acusa un cierto grado de irreversibilidad hacia el fin el fin de la especie en el planeta Tierra, entonces, algo se debe poder hacer desde los científicos. El abundante conocimiento científico y la variedad de disciplinas y sus dificultades de integración; la historia de la humanidad como la historia de la lucha política y la separación del conocimiento en ciencias específicas, la modernidad como la ciencia recreada por la sociedad de mercado para la acumulación de capital; y, la agenda negativa y la pospuesta de 2015 hacia 2030 de los objetivos del desarrollo sostenible y la preservación de la especie humana son algunos de los que se presentan. Otras opciones de relato serían útiles para hacer realidad el debate y la socialización.

## SE22-5 CARTEL

## GEOPHYSICS, NATURAL HAZARDS AND CLIMATE CHANGE

Urrutia Fucugauchi Jaime y Pérez-Cruz Lúgía  
*Universidad Nacional Autónoma de México  
 juf@geofisica.unam.mx*

Natural hazards and climate change have increased the vulnerability of agricultural infrastructure and production. The impact of droughts, floods, hurricanes, rising sea level, heat waves, thunderstorms and other phenomena continues to rise, highlighting need to expand the response capacities for dealing with natural hazards and climate change. Case studies like the multi-year droughts and wildfires in the southwestern United States and northern Mexico and the intense precipitation and flooding disasters in southern Mexico illustrate the impacts of repeat events in identified disaster-prone areas. Here we focus on a geophysical perspective on the emerging challenges. There are a range of tools available, including Earth satellite observation systems, instrumental networks, geophysical observatories, geographic information systems and high-resolution aerial, marine and ground-based geophysical methods. These tools coupled with improved understanding of phenomena, higher computational capacity, risk analysis, databases and numerical simulations provide a scientific-technical framework for developing improved monitoring and response strategies. Hazard disasters and climate change particularly affect less developed nations, already affected by poverty, famines, health problems, social inequalities, poor infrastructure, low life expectancy, population growth, inadequate education systems, economic crises and social and political conflicts. In this complex context, expanded use of geophysical data and methods, know-how transfer and capacity building are required for developing and implementing effective mitigation, adaptation and prevention programs.

Sesión especial

# **CONFERENCIAS PLENARIAS**

Organizadores:  
Daniel Peralta  
Ligia Pérez-Cruz

SE23-1

## GEOSCIENCE APPLICATIONS OF SATELLITE EARTH OBSERVATIONS

Sideris Michael G.  
Department of Geomatics Engineering, University of Calgary  
sideris@ucalgary.ca

This talk will introduce the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and its eight Associations and their Earth observation activities and Services. Emphasis will be placed on satellite Earth observations, their contributions to geosciences and their applications, including their societal impacts. Current research challenges will be highlighted, together with the need for continuous, long-term, sustainable satellite observations, and hence also satellite missions such as, e.g., the altimetry, gravity and magnetics ones, which would help us meet these challenges now and in the future by addressing important UN priorities such as the sustainable development goals, the Sendai framework and the Paris agreement.

SE23-2

## EARTH AND SPACE SCIENCE IN THE 21ST CENTURY: A CALL TO ACTION

McEntee Christine  
American Geophysical Union, AGU  
agu\_execdirector@agu.org

Earth and space science are critically important so that society can benefit from effective solutions to address global environmental conditions, mitigate the impact of climate change, and achieve the UN Sustainable Development Goals. Trends within and outside of Earth and space science will be presented along with actions that the science community is implementing and can undertake to position Earth and space science as the science for society in the 21st century.

SE23-3

## HOW TO GENERATE A LARGE EARTHQUAKE

Fletcher John  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
jfletche@cicese.mx

Regardless of global tectonic regime, most large earthquakes activate slip on more than one fault. Likewise, earthquake magnitude increases with the number of faults activated. Despite the importance of multifault ruptures for forecasting seismic hazard, their genesis remains poorly understood and classical applications of static yield criteria are inadequate to describe the mechanical conditions required to prepare multiple faults with diverse orientations to fail simultaneously in a single earthquake. This is because the critical stress level for fault failure depends greatly on fault orientation and is lowest for optimally oriented faults positioned approximately 30° to the greatest principal compressive stress. The most popular explanations of fault network stability call upon variations in pore pressure and/or friction such that misoriented faults are systematically weaker than other more optimal faults. However, there is no reason why the internal strength of a fault should vary with its orientation and thus we reject all such hypotheses. In this talk I will present a new explanation of multifault ruptures called the keystone fault hypothesis, which provides new insight into mechanics of large earthquakes and the role of misoriented faults in controlling the limits of lithospheric stress (Fletcher et al., 2016, Nature Geoscience).

SE23-4

## GLOBAL ADVANCEMENTS IN FORENSIC GEOLOGY: CRIME SCENE ASSESSMENT, EXAMINATION AND SAMPLING; GEOLOGICAL EVIDENCE RECOVERY AND ANALYSIS; AND GROUND SEARCHES FOR GRAVES AND BURIED TARGETS

Donnelly Laurance  
Initiative on Forensic Geology  
geologist@hotmail.co.uk

Although the origins and applications of geology to police and law enforcement criminal investigations has been documented since the middle part of the 19th Century, during the past few decades there have been significant advances in forensic geology (known also as 'forensic geoscience' or 'geoforensics'). The objective of this presentation is to provide an overview of these recent developments. Crime scene examination is the application of geological knowledge at crime scenes. A forensic geologist may be required to assist law enforcement at a crime scene to; collect geological samples and provide interpretations of the soil, sediment, rocks, and man-made materials. Geological trace evidence involves the collection, analysis, interpretation, presentation and explanation of geological evidence. This evidence could become transferred onto the body, person or the clothing of a victim or offender, or onto vehicles, or other objects from and to a crime scene to help with crime reconstruction. This may also be admissible as evidence in

a court to support a prosecution or defence. Ground searches for burials are designed and implemented to locate homicide graves or items buried as part of a criminal or terrorist act. As such, searches may be protective or detective and take place in urban, rural or remote locations, on land or in water. The geoforensic search strategy (GSS), which developed over a period of 25 years provides a framework for a high assurance strategy. This is based on law enforcement search methods and an understanding of the ground and target conditions to produce a preliminary conceptual geological model. Upon which, the diggability of the ground, detectability of the target can be evaluated. This then enables the most suitable array of search assets (e.g. remote sensing, drone, geophysics, geochemistry, victim detector dogs and auguring) to be chosen. The GSS provides a proportionate, pragmatic and cost-effective method for a buried target to be detected and located, or prove (so far as is reasonable practicable) that is not present. The GSS is a blended geological and law enforcement strategies the requires effective collaboration and communication with between the forensic geologist law enforcement officer. Crime in the minerals and mining industry occurs world-wide, in particular throughout Mexico and South America. This involves criminal and illegal mining, conflict minerals, theft of refinery and smelter products such as mineral concentrates, fraudulent activities including sample switching or adulteration to falsify assays (also known as 'saltation'), cross border minerals smuggling and minerals fakery. These are usually controlled by illegal armed gangs, cartels and organised syndicates. Forensic geologists in collaboration with law enforcement are developing methods to deter or detect these crimes. This includes the adaptation of international guidance, elemental and mineralogical profiling, now used by some companies and governments to track and verify precious metal trading such as, gold and platinum group metals. Other techniques may include; field portable x-ray fluorescence, x-ray diffraction, conventional microscopy, automated scanning electron microscopy, the use of microtaggants and an auditable chain-of-custody. This presentation will also provide an overview on the ongoing professionalisation of forensic geology, the establishment and progress of formal international working groups, such as the International Union of Geological Sciences (IUGS), Initiative on Forensic Geology (IFG). The need for regulation, accreditation, training and continuation of professional development within the forensic geology professional is also highlighted. Operational case examples are provided throughout with emphasis on Mexico and South America.

SE23-5

## RISING GREEN TIDES AND BROWN TIDES: AN OCEANOGRAPHIC REGIME SHIFT?

Hu Chuanmin  
University of South Florida  
huc@usf.edu

Blooms of Ulva and Sargassum macroalgae, often called green and brown tides, respectively, have been reported in many places around the world. These macroalgae provide important ecological functions in the ocean, but can cause many problems when large quantities are washed ashore. Using satellite data, field and laboratory measurements, and novel macroalgae-specific algorithms, we show bloom patterns of Ulva prolifera and Sargassum between 2000 and 2019 in the western Pacific (Yellow Sea and East China Sea) and tropical Atlantic. While their seasonality indicates algae growth cycles, large quantities detectable in satellite imagery only occurred in recent years. In particular, a continuous Sargassum belt extending from west Africa to the Gulf of Mexico is found to be recurrent every summer since 2011 (except 2013). Analysis of environmental conditions suggests that these recent large-scale blooms may be a result of both human activities and climate variability. We further hypothesize that these recurrent blooms may become a new norm in future years, thus representing potentially a regime shift. Given the significant impacts of these blooms on the coastal environment and coastal communities, how to adapt to such a regime shift and what are its ecological/biogeochemical consequences all remain to be studied. Keywords: Ulva, Sargassum, regime shift, climate change, western Pacific, Atlantic, Caribbean Sea, Gulf of Mexico

SE23-6

## SPACE WEATHER, WHO CARES?

De Nardin Clezio Marcos  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
clezio.denardin@inpe.br

Space Weather effects on the Earth and near-Earth assets has become of a large interest in the last decade, which motivate also studies on the economic impacts and risk assessment. As a result, several economic sectors that depend on the space weather condition are driving a growing demand for global indices to represent the impact of the solar-terrestrial interaction (external effects of the space weather) as well as the "extreme" variation of the near-Earth environment (internal effects of the space weather). This speech intends to compile the experience attained with developing the Space Weather Regional Warning Center in Latin America (especially at the Brazilian Studies and Monitoring of Space Weather -Embrace Program, from the Portuguese acronym Estudo e Monitoramento Brasileiro de Clima Espacial). Also, a revision of the principles associate with space weather phenomena, effects

and the economic impacts to the current society are briefly review, as well as the efforts of transiting from research to operations in space weather in Latin America.

# ÍNDICE DE AUTORES

Abdullin Fanis	GET-10	142	Alexander-Valdés Héctor M.	SE10-11	274
Abdullin Fanis	GET-25 CARTEL	146	Alexander-Valdés Héctor M.	SE10-21	277
Abdullin Fanis	GET-29 CARTEL	147	Alexander-Valdés Héctor M.*	SE15-34 CARTEL	301
Abdullin Fanis	GEOQP-9	163	Alfaro Diego	CCA-1	90
Abdullin Fanis	SED-2	205	Alfonso María Pura	GEOQP-32 CARTEL	168
Abella Gutiérrez Jose Luis*	SE15-47 CARTEL	303	Aljaz Maslo Aljaz	SE10-4	272
Ábrego Góngora Carlos	SE17-4	310	Allardice Stuart*	SIS-30	218
Acedo González Luis*	AR-1	78	Allende Arandía María Eugenia*	CCA-20	93
Acosta Alex	SE15-55 CARTEL	305	Allende Arandía María Eugenia*	SE20-3	324
Acosta Hernández Jorge Alberto*	GP-2 CARTEL	137	Almaguer Carmenates Yuri*	GET-8	141
Acosta Hernández Jorge Alberto	SIS-34 CARTEL	218	Almanza Victor	SE15-54 CARTEL	305
Acosta Hernández Raquel Eugenia	SE04-28 CARTEL	252	Almaraz-Ruiz Laura	SE10-11	274
Acosta Jimenez Jhoana	SIS-34 CARTEL	218	Almazán-Becerril Antonio	OCC-9	179
Acosta Ochoa Guillermo*	AR-2	78	Alonso Arévalo Miguel	SIS-48 CARTEL	222
Acosta Ochoa Guillermo	AR-3	78	Alonso Ruíz Francisco Martín	MSG-24 CARTEL	176
Acosta Ochoa Guillermo	AR-5	78	Alonso Ruíz Francisco Martín	MSG-25 CARTEL	176
Acosta Ochoa Guillermo	AR-6	79	Alonso Ruíz Francisco Martín	VUL-23 CARTEL	229
Acosta Ochoa Guillermo	AR-11	80	Alonso Ruíz Francisco Martín	SE11-1	280
Acosta Ochoa Guillermo	AR-15	81	Altamirano del Carmen Miguel*	CCA-68 CARTEL	103
Acosta Ochoa Guillermo	AR-26 CARTEL	83	Altonar de la Cruz Luisa Fernanda	EG-37 CARTEL	112
Adams David	CCA-12	92	Alva Valdivia Luis Manuel	AR-3	78
Adams David	CCA-28	95	Alva Valdivia Luis Manuel	AR-18	81
Adams David	CCA-40 CARTEL	97	Alva Valdivia Luis Manuel	GOPAL-12 CARTEL	158
Adriano-Morán Carmen Cristina	AR-16	81	Alva Valdivia Luis Manuel	GOPAL-15 CARTEL	159
Agarwal Amar	VUL-6	225	Alva Valdivia Luis Manuel	GOPAL-16 CARTEL	159
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-1	150	Alva Valdivia Luis Manuel	SED-3	205
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-15 CARTEL	153	Alva Valdivia Luis Manuel*	VUL-6	225
Aguero Juárez Karen Michelle	EG-59 CARTEL	116	Alva Valdivia Luis Manuel	VUL-7	225
Aguilar Anaya Diego Armando	SE10-14	275	Alvarado Contreras Alejandra*	SE19-6	320
Aguilar Arellano Felisa Josefina*	PALEO-1	192	Alvarado Graef Patricia*	OCE-16 CARTEL	190
Aguilar Arellano Felisa Josefina	SE11-9 CARTEL	281	Alvarado Leonardo	SIS-41 CARTEL	220
Aguilar García Ramón	SE11-6	281	Alvarado Reyes José Manuel*	SIS-33 CARTEL	218
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-1 CARTEL	137	Alvarado Soto Sergio	CCA-52 CARTEL	99
Aguilar Ortega Francisco	CCA-5	90	Álvarez Báez Christian Adrián*	CCA-27	95
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-3	119	Álvarez Juan Carlos	CS-2 CARTEL	86
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-6	119	Álvarez López Gerardo*	SE01-10	233
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-11	120	Álvarez Morales Brandon Ignacio	GGA-12 CARTEL	152
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-12	120	Álvarez Nieves José Manuel	VUL-17 CARTEL	228
Aguilar Rodríguez Ernesto*	FE-23 CARTEL	122	Álvarez-Ospina Harry	GGA-13 CARTEL	153
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-24 CARTEL	122	Álvarez Padilla Elizabeth*	SE04-26 CARTEL	252
Aguilar Sergio	SE12-17	288	Álvarez Ramírez Hilda Patricia	EG-59 CARTEL	116
Aguilar Sergio	SE13-1	292	Álvarez Román*	GET-1	140
Aguilar-Treviño Carlos	SE17-1	310	Álvarez Román*	GET-2	140
Aguilar-Trujillo Ana	OCC-8	179	Álvarez San Román Fernando	EG-42 CARTEL	113
Aguilar-Trujillo Ana	OCC-10	179	Álvarez San Román Fernando	GP-2 CARTEL	137
Aguilar-Trujillo Ana	SE10-16	276	Álvarez Valladares Cleofé*	OCC-2	178
Aguilar-Trujillo Ana	SE10-25 CARTEL	278	Amador Muñoz Omar	CCA-26	94
Aguilar-Velázquez Manuel J.*	SIS-9	213	Ambrocio Rosales Evelina de la Luz*	GGA-14 CARTEL	153
Aguñiga García Sergio	OCC-37 CARTEL	185	Ambrocio Rosales Evelina de la Luz	SED-12 CARTEL	207
Aguirre Bahena Fernando	GGA-3	150	Améndola Monica*	SE10-23 CARTEL	277
Aguirre Bahena Fernando*	OCE-2	187	Améndola Monica*	SE15-24	299
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús	GGA-9 CARTEL	152	Anaya Corona Margarita	RN-7	198
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús*	VUL-12	227	Andraca Ayala Gema Luz	CCA-63 CARTEL	102
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús	SE04-17	250	Andraca Ayala Gema Luz	RN-13	200
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús*	SE04-20	251	Andrade Canto Fernando	SE15-2	295
Aguirre-Díaz Juan Pablo	EG-19	108	Andrade Canto Fernando	SE15-8	296
Aguirre González Jorge	SE16-6	308	Andrade Canto Fernando*	SE15-14	297
Aguirre Macedo Leopoldina	SE10-16	276	Andrade Enríquez Karla K.	VUL-12	227
Aguirre Macedo Leopoldina	SE10-19	276	Andrade-Mascote Ernesto	FE-12	120
Aguirre-Macedo Leopoldina	SE10-22 CARTEL	277	Andrade-Mascote Ernesto	FE-13	121
Aguirre-Macedo Leopoldina	SE10-25 CARTEL	278	Andrade-Mascote Ernesto	FE-23 CARTEL	122
Agustín Serrano Ricardo	AR-7	79	Andrade-Mascote Ernesto	FE-25 CARTEL	122
Agustín Serrano Ricardo	GEOQP-11	163	Andrea Walpersdof	GEOD-6	126
Agustín Serrano Ricardo	SED-17 CARTEL	209	Andres Zarate Esteban	OCE-17 CARTEL	190
Ahn Sora	GEOH-28 CARTEL	134	Angerer Thomas	SE09-4	268
Ahumada-Sempoal Miguel-Angel*	OCC-27	183	Anguiano García Andrea Isabel	SE15-43 CARTEL	302
Ahumada-Sempoal Miguel-Angel*	OCE-5	188	Anguiano García Andrea Isabel*	SE15-46 CARTEL	303
Alaniz Álvarez Susana A.	EG-49 CARTEL	114	Angulo Córdova Quintiliano	GEOH-25 CARTEL	134
Alaniz Álvarez Susana A.	GET-10	142	Angulo Joel	EG-31 CARTEL	111
Alaniz Álvarez Susana A.	GET-11	142	Angulo Joel	SIS-23	216
Alaniz Álvarez Susana A.	GET-21 CARTEL	145	Angulo Joel	SIS-38 CARTEL	219
Alaniz Álvarez Susana A.*	SE04-13	249	Angulo Joel*	SIS-49 CARTEL	222
Alarcón Edgar	SIS-1	212	Angulo Joel	SE16-1	307
Alarcón Edgar	SIS-13	214	Antillón-Erives Yessmín	SE02-21 CARTEL	240
Alatorre Zamora Miguel Ángel*	EG-20	108	Antillón-Erives Yessmín	SE19-1	320
Alatorre Zamora Miguel Ángel	MSG-3	172	Aparicio García Ramon Sidonio	VUL-21 CARTEL	229
Alcántara-Hernández Rocío Jetzabel	GGA-18 CARTEL	154	Appendini Christian	CCA-20	93
Alcaraz-Segura Domingo	CCA-29	95	Appendini Christian*	OCC-25	183
Alcocer Javier	SE07-6	260	Appendini Christian	SE20-3	324
Alcocer Javier	SE07-7	261	Aquino Martínez Lourdes Paola*	CCA-14	92
Alcocer Javier	SE07-8	261	Aquino Martínez Lourdes Paola	CCA-59 CARTEL	101
Alcocer Javier	SE07-9	261	Aquino Sandoval Gilberto Crispin*	SIS-19	215
Alean Rocha Carlos	CCA-5	90	Aragón Jesus	OCC-12	180
Alejandro Rosas Karla Michelle	EG-36 CARTEL	112	Araiza Aripez Karla María*	CS-8 CARTEL	87
Alemán Gallardo Eduardo Alejandro	SED-1	205	Araiza Guitierrez Alfonso	AR-26 CARTEL	83

Arámbula Mendoza Raúl	VUL-14	227	Badillo-Avilés Shendel Gricell*	SE04-14	249
Arámbula Mendoza Raúl	VUL-17 CARTEL	228	Baena Alejandra*	SE02-11	238
Aranda Eliot	SE15-22	299	Baena Alejandra	SE02-15	238
Aranda-Gómez José Jorge*	GET-6	141	Baena-Rivera Marcela	SIS-9	213
Arango Galván Claudia	EG-16	108	Bailon de los Santos Alondra	GEOQP-13	164
Arango Galván Claudia	EG-17	108	Balanzario Eugenio	FE-17	121
Arboleda Zapata Mauricio*	GET-26 CARTEL	146	Balbuena Salomón Martha Carolina*	EG-60 CARTEL	117
Arce Saldaña José Luis	GEOH-14	132	Baltazar-Flores Hans Christian	OCE-8	188
Árcega Cabrera Flor	SE10-16	276	Banaszak Anastazia	SE20-9 CARTEL	325
Árcega Cabrera Flor	SE10-26 CARTEL	278	Bandy William	SIS-1	212
Árcega Cabrera Flor	SE15-21	298	Bandy William	SE08-2	264
Arceo Reyes Roberto	SIS-31	218	Bandy William	SE10-14	275
Arciniega Ceballos María Alejandra	GET-27 CARTEL	146	Bandy William*	SE12-8	286
Arcos Hernández José Luis	GP-5 CARTEL	137	Barba López María del Refugio*	SE07-9	261
Arcos Hernández José Luis	GET-3	140	Barba Luis	AR-20	82
Arellano Gil Javier*	GP-5 CARTEL	137	Barba Luis	AR-23	83
Arellano Gil Javier*	SE11-7	281	Barba Pingarrón Luis	AR-8	79
Arellano Guerrero Fernando Nicolas	SE15-10	296	Barba Pingarrón Luis	SE09-8 CARTEL	269
Arenal Casas Stefany*	CCA-7	91	Barbara Martiny	GET-14	143
Arenal Casas Stefany	CCA-8	91	Barboza-Gudiño José Rafael	GEOQP-5	162
Arévalo-Ruiz Juan Fernando	GEOQP-23	166	Barcelos Clara	SE15-29	300
Arias-Paz Alberto*	GEOH-12	131	Bárcenas Castro Maydes	CCA-56 CARTEL	100
Arias-Paz Alberto	GET-16	143	Bárcenas Graniel Juan Francisco	OCE-6	188
Arias-Paz Alberto	SE11-4	280	Barison Erika	EG-31 CARTEL	111
Arias-Paz Alberto	SE17-7	311	Barón Martínez Griselda*	FE-24 CARTEL	122
Arista Cázares Luis Eduardo*	RN-26 CARTEL	202	Barone Pier Matteo*	SE02-8	237
Armenta García Carlos Gabriel	GEOQP-13	164	Barradas Reyna	SE15-32	300
Armenteros Maickel	SE10-6	273	Barragán Gasca Fanny Astrid	GP-5 CARTEL	137
Armenteros Maickel*	SE10-10	274	Barragán Manzo Ricardo*	PALEO-4	192
Armenteros Maickel	SE10-12	274	Barragán Manzo Ricardo	SED-6	206
Armenteros Maickel	SE15-52 CARTEL	304	Barragán Manzo Ricardo	VUL-1	224
Armienta Hernández María Aurora	CS-2 CARTEL	86	Barragán Manzo Ricardo	VUL-3	224
Armienta Hernández María Aurora	CS-6 CARTEL	87	Barragán Ricardo	PALEO-10 CARTEL	194
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-3	129	Barragán Ricardo	SED-19 CARTEL	209
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-6	130	Barragán Ricardo	VUL-2	224
Armienta Hernández María Aurora	GGA-1	150	Barragán Ricardo	SE20-7	325
Armienta Hernández María Aurora	GGA-15 CARTEL	153	Barrera Fernández Daniel	AR-10	80
Armijo-Torres Ricardo	SE19-9 CARTEL	321	Barrett Bradford	CCA-18	93
Armstrong-Altrin John S.	GEOQP-35 CARTEL	169	Barrientos Leticia	SE18-14 CARTEL	318
Arnot Patrick	CCA-24	94	Barrios Enriquez Steven*	VUL-20 CARTEL	228
Arredondo Medina Carlos Eduardo	OCE-11	189	Barrios Josie Steven	VUL-19 CARTEL	228
Arregui Sergio	EG-33 CARTEL	111	Barrios Ruiz Alba Azucena*	AR-4	78
Arregui Sergio	GET-13	143	Barrón Duarte Alejandro	SE17-4	310
Arregui Sergio	SE11-3	280	Barrón Duarte Alejandro	SE17-13 CARTEL	312
Arregui Sergio	SE17-6	311	Bartali Marchetti Roberto*	FE-14	121
Arregui Sergio	SE17-8	311	Bartali Marchetti Roberto	GET-18 CARTEL	144
Arregui Sergio	SE17-14 CARTEL	313	Bastien-Montoya Gustavo M.*	SE04-11	249
Arregui Sergio	SE17-15 CARTEL	313	Bastien-Olvera Bernardo A.	SE04-3	247
Arriaga Garcia Jaime Alonso*	OCC-36 CARTEL	185	Bastien-Olvera Bernardo A.	SE04-9	248
Arroyo-Cabrales Joaquín	PALEO-8	193	Bastien-Olvera Bernardo A.	SE04-11	249
Arroyo Sesento Luis Erick*	GEOH-18 CARTEL	133	Bataille Bollweg Klauss D.	SIS-18	215
Arroyo Víctor	SE20-13 CARTEL	325	Batista Rodríguez José Alberto	EG-48 CARTEL	114
Arzate Flores Jorge Arturo	EG-39 CARTEL	112	Batista Rodríguez José Alberto	GET-8	141
Arzate Flores Jorge Arturo*	EG-44 CARTEL	113	Batista Rodríguez José Alberto	GGA-11 CARTEL	152
Arzate Flores Jorge Arturo	GET-26 CARTEL	146	Bautista Francisco	GEOPAL-9 CARTEL	157
Arzate Flores Jorge Arturo*	RN-30 CARTEL	203	Bautista Francisco	GEOPAL-10 CARTEL	158
Arzate Jorge	EG-7	106	Bayona Ordóñez Andrés David*	MSG-17 CARTEL	174
Arzate Jorge	EG-50 CARTEL	115	Bazán Barrón Sergio	GET-17 CARTEL	144
Arzate Jorge	GEOH-12 CARTEL	127	Bazán Barrón Sergio*	GEOQP-25 CARTEL	166
Arzate-Monterrubio Andres*	EG-50 CARTEL	115	Bazán Barrón Sergio*	GEOQP-26 CARTEL	167
Ashfaq Moetasim*	SE05-5	254	Bazán Barrón Sergio*	SED-9 CARTEL	207
Atakishiyeva Mesuma	FE-8	120	Bazán-Guzmán Carmen	SE15-30	300
Atherton Mark*	SE08-3	264	Bazán Perkins Sergio D.*	GET-17 CARTEL	144
Athie Gabriela	OCE-10	189	Bazán Perkins Sergio D.	GEOQP-25 CARTEL	166
Avalos Cueva David*	SE07-11	261	Bazán Perkins Sergio D.	GEOQP-26 CARTEL	167
Avellán López Denis Ramón	VUL-5	225	Bazán Perkins Sergio D.	SED-9 CARTEL	207
Avellán López Denis Ramón*	VUL-13	227	Becerra López Fernando	MSG-3	172
Avellán López Denis Ramón	VUL-26 CARTEL	230	Becerra Reynoso Román Tzicuri*	OCC-8	179
Avellán López Denis Ramón	VUL-28 CARTEL	230	Becerra-Rodríguez Angel Giovanni*	PALEO-9 CARTEL	193
Ávila Barrientos Lenin	SIS-3	212	Becerra Salinas Fabaán Israel	SED-5	206
Ávila Barrientos Lenin*	SIS-4	212	Becerril Bobadilla Francisco Javier Ulises	OCE-1	187
Ávila Carrera Rafael	SE16-6	308	Bello Fuentes Fernando	SE15-2	295
Ávila Leticia	SE12-4	285	Bello Fuentes Fernando*	SE15-8	296
Ávila López Ma. Carmen	SE15-19	298	Bello-Segura Delia*	SIS-10	213
Ávila Oscar	EG-7	106	Bello-Segura Delia*	SIS-11	214
Ávila Oscar*	EG-22	109	Bello-Segura Delia	SIS-43 CARTEL	221
Ávila Oscar	EG-47 CARTEL	114	Belmonte Jiménez Salvador	EG-20	108
Ávila Oscar	EG-52 CARTEL	115	Beltrán Margarita	CS-2 CARTEL	86
Ávila Razo Jose Eduardo	VUL-21 CARTEL	229	Beltrán Margarita	CS-6 CARTEL	87
Avilés Esquivel Thalia Anaid*	EG-16	108	Beltrán-Martínez Juan Carlos	SE18-3	315
Ayala Cortez Solymar	SE13-3	292	Beltrán Paz Ofelia Ivette	AR-17	81
Ayala Cortez Solymar*	SE13-5	292	Benigno Paredes Sergio	EG-2	105
Ayala Enríquez Ma. del Rosario*	SE06-10 CARTEL	258	Benowitz Jeff	VUL-8	226
Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE15-3	295	Beramendi Orosco Laura Eugenia	AR-11	80
Azevedo Correia de Souza Joao Marcos	SE15-45 CARTEL	303	Beramendi Orosco Laura Eugenia	AR-14	81

Beramendi Orosco Laura Eugenia	AR-15	81	Cala Pérez Yoel Alejandro*	SE05-6	255
Beramendi Orosco Laura Eugenia*	SE20-7	325	Calderón Bustamante Oscar	CCA-31	95
Beraud-Macías Vianney	CS-1 CARTEL	86	Calderón Bustamante Oscar*	CCA-34	96
Bermingham Adam	SE18-5	316	Calderón Bustamante Oscar	CCA-35	96
Bermúdez-Romero Anahí	SE06-3	257	Calderón Bustamante Oscar	SE15-7	296
Bernal Juan Pablo	GEOQP-12	163	Calderón Bustamante Oscar	SE15-9	296
Bernal Juan Pablo	GEOQP-37 CARTEL	169	Calderón Bustamante Oscar	SE15-10	296
Bernal-Morales Rogelio	SE03-5	243	Calderón Bustamante Oscar	SE15-11	296
Bernal Rogelio	SE03-7	243	Calderón Bustamante Oscar	SE15-36 CARTEL	301
Bernard Bernie	SE08-7	265	Calderón Bustamante Oscar	SE15-37 CARTEL	301
Beron Javier	SE10-2	272	Calderón Delgado Jesús Gabriel	GGA-17 CARTEL	154
Beron-Vera Francisco*	SE20-6	324	Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	CCA-33	96
Berón Vera Francisco Javier	SE15-45 CARTEL	303	Calderón Moctezuma Armando	EG-43 CARTEL	113
Betanzos-Arroyo Lucía Ivonne	GEOQP-33 CARTEL	168	Calderón Moctezuma Armando*	MSG-23 CARTEL	176
Bezanilla Morlot Alejandro*	CCA-67 CARTEL	103	Calò Marco	EG-6	106
Bezanilla Morlot Arnoildo*	CCA-55 CARTEL	100	Calò Marco	EG-31 CARTEL	111
Billarent Andrea*	GEOH-8	130	Calò Marco	SIS-22	216
Billarent Andrea	GET-16	143	Calò Marco	SIS-23	216
Binimelis de Raga Graciela Lucía	CCA-34	96	Calò Marco	SIS-38 CARTEL	219
Binimelis de Raga Graciela Lucía	CCA-42 CARTEL	98	Calò Marco	SIS-39 CARTEL	220
Binimelis de Raga Graciela Lucía	CCA-45 CARTEL	98	Calò Marco	SIS-49 CARTEL	222
Blancas Vázquez Jorge	AR-20	82	Calò Marco	SIS-51 CARTEL	222
Blancas Vázquez Jorge*	AR-23	83	Calò Marco*	VUL-10	226
Blanco Moreno Jesús	EG-48 CARTEL	114	Calò Marco*	SE12-15	288
Blanco Moreno Jesús Antonio	GET-8	141	Calò Marco*	SE13-7	293
Blanco Paz Fernando Uziel*	CCA-52 CARTEL	99	Calò Marco	SE16-1	307
Blanco Piñón Alberto	SED-10 CARTEL	207	Calò Marco	SE16-2	307
Blanqueto María	SE15-55 CARTEL	305	Calò Marco	SE16-4	307
Bluhm Gutiérrez Jorge	CCA-5	90	Calva Chávez Miriam Alin	SE15-7	296
Blum Marcelo de Lawrence Bassay*	SE02-14	238	Calva Chávez Miriam Alin*	SE15-37 CARTEL	301
Bobadilla Doreny	SE15-32	300	Calva Olmos Venancio Gerardo*	MSG-18 CARTEL	175
Bobadilla Doreny	SE15-48 CARTEL	303	Calvillo-Canadell Laura	GEOQP-37 CARTEL	169
Böhnel Harald	GEOPAL-13 CARTEL	158	Calvillo-Canadell Laura	PALEO-14 CARTEL	195
Bojseaneau López Mario Emmanuel*	GEOQP-8	162	Calvo Rathert Manuel	GEOPAL-5	157
Bojorquez Lopez Deysi Denisse	GGA-21 CARTEL	154	Camacho Gonzalez Pablo	SE15-43 CARTEL	302
Bolaina Vazconcelos Jonathan	EG-42 CARTEL	113	Camacho Ibar Víctor F.*	SE15-19	298
Bolaños Cázares Evelyn*	EG-25 CARTEL	110	Camacho Miguel	GET-1	140
Bollasina Massimo	CCA-17	93	Cámara Beauregard Gelder Éneo	GP-2 CARTEL	137
Bollasina Massimo	CCA-47 CARTEL	98	Camarena Vázquez Jesús Guillermo*	GEOQP-1	161
Bollo Manent Manuel	GEOH-18 CARTEL	133	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-2	161
Bolós Xavier*	VUL-4	224	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-27 CARTEL	167
Boseman Samantha	SE10-7	273	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	GEOQP-31 CARTEL	168
Botzen Wouter	CCA-31	95	Camarena Vázquez Jesús Guillermo	SE22-1 CARTEL	328
Bouali Marouan	OCE-4	187	Camargo Castro Edgar Moisés	GEOH-1	129
Bracamontes Ramírez Joel	SE20-5	324	Cambrón Rosas Jaziel Froylan	CS-3 CARTEL	86
Brassea Ochoa Jesús María*	EG-38 CARTEL	112	Cambrón Rosas Jaziel Froylan*	GET-4	140
Bravo Jose	CCA-1	90	Campos Domínguez Andrés Josué	SE04-4	247
Briceño-Zuluaga Francisco*	SE18-8	316	Campos Enríquez José Oscar	EG-20	108
Briones Carrillo Jorge Alberto*	GP-1 CARTEL	137	Campos Enríquez José Oscar	EG-49 CARTEL	114
Brooks Gregg R.	SE10-5	272	Campos Enríquez José Oscar	GET-11	142
Brooks Gregg R.	SE10-6	273	Campos Gaytan Jose Ruben	GEOH-11	131
Brooks Gregg R.*	SE10-7	273	Campos Medina Juan Pablo*	GET-5	140
Brooks Gregg R.	SE10-10	274	Canales García Iza	EG-53 CARTEL	115
Brooks Gregg R.	SE10-12	274	Candela Pérez Julio	OCE-10	189
Brooks Gregg R.	SE10-13	275	Candela Pérez Julio	OCE-14	189
Brooks Gregg R.	SE15-38 CARTEL	302	Canet Miquel Carles	CS-3 CARTEL	86
Brooks Gregg R.	SE15-52 CARTEL	304	Canitano Alexandre	SE13-6	293
Buitrón Blanca E.	PALEO-2	192	Cañizares Martínez Alejandra	SE10-26 CARTEL	278
Burgos Cuevas Andrea*	CCA-28	95	Cano Ayora Víctor	SE04-25 CARTEL	252
Burlak Gennadiy	FE-8	120	Cano Ayora Víctor	SE11-13 CARTEL	282
Burlak Gennadiy*	FE-16	121	Canseco Eloisa García	SIS-48 CARTEL	222
Bush Mark	SE18-3	315	Canul Macario Cesar	GEOH-2	129
Bustamante Angel	GEOH-32 CARTEL	135	Canul Macario Cesar*	GEOH-20 CARTEL	133
Bustamante Ponce de León Diego	EG-56 CARTEL	116	Canul Puc Rosa	SE10-16	276
Bustos Díaz Silvia Osiris*	GET-30 CARTEL	147	Capra Pedol Lucia	VUL-14	227
Bustos Gonzalo	AR-23	83	Capra Pedol Lucia	VUL-17 CARTEL	228
Butrón Xancopinca Perla Guadalupe*	PALEO-12 CARTEL	194	Caquineau Sandrine	SE18-8	316
Caballero García Ana María Lizeth	RN-4	197	Carabali Giovanni	GGA-13 CARTEL	153
Caballero Miranda Margarita	SED-7	206	Caraballo Ramon	FE-6	119
Caballero-Rodríguez Dayenari	PALEO-15 CARTEL	195	Caraballo Ramon*	FE-7	120
Cabello Lugo Joshua	SE06-10 CARTEL	258	Carbajal Daniel	SE17-6	311
Cabos Narvaez William David	SE05-7	255	Carbajal Martínez Daniel*	EG-11	107
Cabral Cano Enrique	GEOD-1	125	Carbajal Pérez Noel	CCA-11	92
Cabral Cano Enrique	GEOD-7	126	Carbajal Pérez Noel	CCA-27	95
Cabrer Torres Roberto*	MSG-15	174	Carbajal Pérez Noel	CCA-38 CARTEL	97
Cabrera Segoviano Diego*	CCA-45 CARTEL	98	Carbajal Pérez Noel	CCA-46 CARTEL	98
Caccavari Garza Ana	FE-6	119	Carbajal Pérez Noel	CCA-58 CARTEL	101
Caccavari Garza Ana	GEOPAL-17 CARTEL	159	Carbajal Pérez Noel	CCA-61 CARTEL	101
Caccavari Garza Ana	SE02-6	237	Carbajal Pérez Noel	OCC-16	181
Caccavari Garza Ana	SE02-20 CARTEL	240	Carbajal Pérez Noel	OCC-19	181
Caccavari Garza Ana	SE02-21 CARTEL	240	Carbajal Pérez Noel*	OCE-15	190
Cadena Larriva Michelle*	GET-24 CARTEL	146	Cárdenas Caridad*	SE11-2	280
Cadengo-López Luis E.*	CS-1 CARTEL	86	Cárdenas Fuentes Estefanía	SE04-1	247
Caetano Neto Ernesto	SE06-11 CARTEL	258	Cárdenas Ramírez Arturo B.	SIS-10	213
Cahuich Lopez Miguel Angel	OCE-10	189	Cárdenas-Soto Martín	RN-18	201

Cárdenas-Soto Martín	SE16-3	307	Ceniceros Gómez Agueda Elena	GEOQP-38 CARTEL	169
Cárdenas-Soto Martín	SE19-4	320	Centella Artola Abel	CCA-55 CARTEL	100
Cárdenas-Soto Martín	SE19-9 CARTEL	321	Centeno-García Elena	SE12-20	289
Cárdenas-Soto Martín*	SE19-10 CARTEL	321	Cepeda Cob María	SE09-8 CARTEL	269
Cárdenas-Soto Martín	SE19-11 CARTEL	321	Cerca Martínez Luis Mariano	GET-12	142
Cardich Jorge	SE18-8	316	Cerezo-Mota Ruth	CCA-20	93
Cardona Melchor Silvestre	VUL-22 CARTEL	229	Cerezo-Mota Ruth*	SE05-8	255
Cardoso-Mohedano José Gilberto	SE10-8	273	Cervantes Miguel	SE09-9 CARTEL	269
Carmen Avila Luis Fernando*	EG-31 CARTEL	111	Cervantes Rosado Juan	AR-6	79
Carmen Avila Luis Fernando*	SE01-1	232	Cervantes Solano Miguel Ángel*	GEOPAL-4	156
Caro Montero Ivan Andres*	SE01-14 CARTEL	234	Cervantes Solano Miguel Ángel	GEOPAL-5	157
Carpizo Ituarte Eugenio	SE20-9 CARTEL	325	Cervantes Solano Miguel Ángel	GEOPAL-6	157
Carranco Lozada Simón Eduardo	GEOH-5	129	Cervantes Solano Miguel Ángel	GEOPAL-9 CARTEL	157
Carranza y Castañeda Oscar*	PALEO-7	193	Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth	GEOQP-15	164
Carrasco Núñez Gerardo	GEOQP-14	164	Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth	GEOQP-16	164
Carrasco Núñez Gerardo	VUL-11	226	Cetina Luis	SE10-16	276
Carrasco Núñez Gerardo	VUL-19 CARTEL	228	Chablé Torres Alma Gerik*	GEOPAL-15 CARTEL	159
Carrasco Núñez Gerardo	VUL-20 CARTEL	228	Chacón Francisco*	SIS-21	216
Carrasco Vicente*	SE08-4	264	Chaltell Romero Martin Jair*	SE01-11	233
Carrasco Vicente*	SE08-6	264	Chamizo-Checa Silvia	SE03-5	243
Carrasco Vicente*	SE08-10 CARTEL	265	Chanton Jeff	SE10-6	273
Carreón Freyre Dora Celia	SED-16 CARTEL	208	Chanton Jeff	SE10-7	273
Carreón-Lila José Joel	CCA-54 CARTEL	100	Chanton Jeff	SE10-13	275
Carrillo-González Fatima Maciel*	CCA-54 CARTEL	100	Chapa Guerrero José Rosbel	RN-26 CARTEL	202
Carrillo López Jonathan*	EG-29 CARTEL	110	Chapa Guerrero José Rosbel	RN-28 CARTEL	203
Carrillo López Jonathan	EG-30 CARTEL	111	Chaput Julien	SE19-8	321
Carrillo López Jonathan	EG-41 CARTEL	113	Chassignet Eric P.	SE15-39 CARTEL	302
Carrillo-Vargas Armando	CCA-36	96	Chávez Cabello Gabriel	GET-6	141
Carrillo-Vargas Armando*	SE02-12	238	Chávez Cabello Gabriel	RN-26 CARTEL	202
Carsolio Priego Ernesto	OCC-14	180	Chávez Cabello Gabriel	RN-28 CARTEL	203
Casallas Moreno Karen Lorena*	EG-14	107	Chávez-Dagostino Rosa María	SED-18 CARTEL	209
Casallas Moreno Karen Lorena	SE17-6	311	Chávez Gómez Tania*	GEOQP-36 CARTEL	169
Casallas Moreno Karen Lorena	SE17-15 CARTEL	313	Chávez-Hernández Omar Cristian	SIS-40 CARTEL	220
Casas Peña Juan Moises*	SED-1	205	Chávez-Hernández Omar Cristian	SE11-12 CARTEL	282
Casas Vigil David Antonio*	SIS-45 CARTEL	221	Chávez Vergara Bruno Manuel	AR-17	81
Castañeda Leónides Fausto	SE11-12 CARTEL	282	Chernoch Sophia K.	SE15-52 CARTEL	304
Castañeda Narvaez Erik*	GEOQP-3	161	Chi Espinola Ariel Adriano*	SE15-31	300
Castañeda-Posadas Carlos*	SED-20 CARTEL	209	Chi Espinola Ariel Adriano	SE15-55 CARTEL	305
Castellanos Olvin*	GET-29 CARTEL	147	Chong Robles Jennyfers	SE15-29	300
Castillo Batista José Félix	SE01-5	232	Choumiline Konstantine	SE18-14 CARTEL	318
Castillo Cruz Zayra Guadalupe*	CS-4 CARTEL	86	Cid Luna Héctor Eduardo*	VUL-11	226
Castillo Guerrero Cruz Enrique	EG-38 CARTEL	112	Cid Villegas Gonzalo*	EG-49 CARTEL	114
Castillo Leal Gladys	OCE-6	188	Cid Villegas Gonzalo*	GET-11	142
Castillo Pensado Juan Luis	MSG-24 CARTEL	176	Cienfuegos Edith	SE20-7	325
Castillo Pensado Juan Luis	MSG-25 CARTEL	176	Cifuentes Nava Gerardo	AR-24	83
Castillo Pensado Juan Luis	VUL-23 CARTEL	229	Cifuentes Nava Gerardo	AR-27 CARTEL	83
Castillo Pensado Juan Luis	SE11-1	280	Cifuentes Nava Gerardo	EG-57 CARTEL	116
Castillo Reynoso Juan Carlos	GET-16	143	Cifuentes Nava Gerardo	FE-6	119
Castillo Reynoso Juan Carlos*	GET-22 CARTEL	145	Cifuentes Nava Gerardo	GEOPAL-17 CARTEL	159
Castillo-Rodríguez Keila*	EG-35 CARTEL	112	Cifuentes Nava Gerardo	VUL-4	224
Castillo-Rodríguez Keila	SIS-40 CARTEL	220	Cifuentes Nava Gerardo	SE02-6	237
Castillo-Rodríguez Keila	SE11-12 CARTEL	282	Cifuentes Nava Gerardo	SE02-12	238
Castillo Román José	GGA-5	151	Cifuentes Nava Gerardo*	SE02-16	239
Castro Artola Óscar Alberto	SIS-14	214	Cifuentes Nava Gerardo	SE02-21 CARTEL	240
Castro Artola Óscar Alberto	SIS-28	217	Cifuentes Nava Gerardo*	SE19-1	320
Castro Artola Óscar Alberto	SE12-7	286	Cifuentes Nava Gerardo	SE19-2	320
Castro Artola Óscar Alberto	SE16-5	307	Cisneros-Máximo Guillermo	VUL-5	225
Castro Chacón Joel Humberto*	FE-20	122	Cisneros-Máximo Guillermo	VUL-13	227
Castro Christopher L.	CCA-39 CARTEL	97	Cisneros-Máximo Guillermo*	VUL-26 CARTEL	230
Castro Christopher L.	CCA-40 CARTEL	97	Cisneros Sebastian	SE15-22	299
Castro Christopher L.	SE05-6	255	Clausen Sebastien	PALEO-2	192
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SIS-25	217	Clemente Chávez Alejandro*	SIS-16	215
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-27	217	Coba Baez Alfredo Yael	MSG-24 CARTEL	176
Castro Rubén	OCC-2	178	Coba Baez Alfredo Yael	VUL-23 CARTEL	229
Castro Telma	CCA-24	94	Colás Vanessa	GET-28 CARTEL	147
Castro Valbuena Cristian*	GEOPAL-2	156	Colchado Casas Juan Carlos*	MSG-5	172
Cavazos González Ricardo	SE17-4	310	Colli José Manuel	FE-14	121
Cavazos Tereza	SE05-4	254	Collins William D.	CCA-10	91
Cavazos Tereza	SE05-8	255	Colunga Rodela Juan Fernando	GGA-11 CARTEL	152
Cavazos Tereza	SE06-6	257	Combarro Manuel	SE15-26	299
Cazares Moreno Alexandra Daniela*	GEOQP-31 CARTEL	168	Conejo Cortes Maria Rosario	GET-20 CARTEL	145
Cazarez Barboza Marco Anyelo	CCA-36	96	Conejo Cortes Maria Rosario*	GGA-16 CARTEL	153
Cazarez Barboza Marco Anyelo	SE02-12	238	Contreras Pacheco Yéssica	SE10-5	272
Ceja Moreno Víctor	SE10-26 CARTEL	278	Contreras Pacheco Yéssica	SE10-9	273
Ceja Víctor	SE10-16	276	Contreras Pacheco Yéssica*	SE15-32	300
Cejudo Ruiz Rubén	GEOPAL-3	156	Contreras Pacheco Yéssica*	SE15-47 CARTEL	303
Cejudo Ruiz Rubén	GEOPAL-4	156	Contreras Pacheco Yéssica*	SE15-48 CARTEL	303
Cejudo Ruiz Rubén	GEOPAL-5	157	Contreras Ruiz-Esparza Moisés	SIS-2	212
Cejudo Ruiz Rubén*	GEOPAL-9 CARTEL	157	Contreras Tereza Víctor Kevin	OCC-19	181
Cejudo Ruiz Rubén	GEOPAL-10 CARTEL	158	Contreras Tereza Víctor Kevin*	SE10-3	272
Cejudo Ruiz Rubén	GEOPAL-11 CARTEL	158	Corbo-Camargo Fernando	EG-44 CARTEL	113
Cejudo Ruiz Rubén	SE09-3	268	Corbo-Camargo Fernando	EG-50 CARTEL	115
Cejudo Ruiz Rubén	SE09-8 CARTEL	269	Corbo-Camargo Fernando	GET-30 CARTEL	147
Cejudo Ruiz Rubén	SE09-9 CARTEL	269	Corbo-Camargo Fernando	GET-31 CARTEL	148
Cejudo Ruiz Rubén	SE09-10 CARTEL	270	Corbo Fernando*	EG-7	106

Corbo Fernando	EG-22	109	Cruz Stephani*	SIS-23	216
Corbo Fernando	EG-47 CARTEL	114	Cruz Stephani	SIS-38 CARTEL	219
Corbo Fernando	EG-52 CARTEL	115	Cruz Stephani	SIS-49 CARTEL	222
Corbo Fernando	GET-16	143	Cruz-Trejo Giuliana I.	OCC-10	179
Corbo Fernando	GEOPAL-2	156	Cruz-Trejo Giuliana I.	SE10-16	276
Cordero Martínez Estefanía	EG-25 CARTEL	110	Cruz-Trejo Giuliana I.	SE10-25 CARTEL	278
Cordero Oviedo María Cecilia*	SE18-7	316	Cruz Valdés Gianni Xavier*	SE17-2	310
Cordero Oviedo María Cecilia	SE18-12 CARTEL	317	Cruz Vazquez Yolanda*	GEOH-26 CARTEL	134
Cordoba Barba Diego	SIS-1	212	Cruz-y-Cruz Tamara*	AR-14	81
Córdoba Benavides María Fernanda	CCA-45 CARTEL	98	Cruz-y-Cruz Tamara*	AR-18	81
Córdoba-Montiel Francisco*	SIS-14	214	Cuéllar Elisa*	GEOH-21 CARTEL	133
Córdoba-Montiel Francisco*	SIS-28	217	Cuéllar-Martínez Tomasa	SE10-8	273
Corona Fernandez Raúl Daniel	SE12-7	286	Cuéllar Ramirez Palmira	SE04-24	252
Corona Romero Pedro*	FE-6	119	Cuen-Romero Francisco	PALEO-2	192
Corona Romero Pedro	FE-23 CARTEL	122	Cuenca Sánchez Jorge Henry	SIS-52 CARTEL	222
Corona Romero Pedro	FE-24 CARTEL	122	Cuenca Sánchez Julio Cesar	SIS-19	215
Coronado Erick	SE02-13	238	Cuenca Sánchez Julio César	SIS-32	218
Correa José Guadalupe	GGA-7	151	Cuenca Sánchez Julio César	SIS-46 CARTEL	221
Correa Juan	SE15-22	299	Cuenca Sánchez Julio César*	SIS-52 CARTEL	222
Correa-Metrio Alexander	PALEO-15 CARTEL	195	Cuevas Ceseña Angel Raul	RN-3	197
Correa-Metrio Alexander	SED-20 CARTEL	209	Cuevas Lara Daniel	SE07-6	260
Correa-Metrio Alexander*	SE18-3	315	Cuevas Lara Daniel	SE07-7	261
Correa-Metrio Alexander	SE18-4	315	Cuevas Lara Daniel*	SE07-8	261
Correa-Metrio Alexander	SE18-6	316	Curtis Jason H.	SE18-4	315
Correa-Metrio Alexander	SE18-7	316	Curtis Jason H.	SE18-6	316
Correa-Metrio Alexander	SE18-9 CARTEL	317	Cusí Simó	SE15-22	299
Correa-Metrio Alexander	SE18-10 CARTEL	317	Dañoibeitia Juan Jose	SIS-1	212
Correa-Metrio Alexander	SE18-11 CARTEL	317	Darras Veronique	AR-17	81
Correa-Metrio Alexander	SE18-12 CARTEL	317	Dasso Sergio	FE-15	121
Correa-Sandoval Alfonso	PALEO-9 CARTEL	193	Datta Saugata	VUL-25 CARTEL	230
Cortes Fragoso José Héctor	SE03-13 CARTEL	244	Davies Sarah J.	SE18-5	316
Cortés Guzmán Daniela	SE07-6	260	Dávila Rodríguez Israel Alberto*	MSG-6	172
Cortés Guzmán Daniela	SE07-7	261	Dawson Lorna A.	SE02-2	236
Cortés Guzmán Daniela	SE07-8	261	Dawson Lorna A.*	SE02-4	236
Cortes Jose	GEOPAL-9 CARTEL	157	Daza Brunet Raquel	SED-19 CARTEL	209
Cortés Martínez Mara Yadira	SED-4	205	Daza Brunet Raquel	VUL-1	224
Cortés Martínez Mara Yadira	SED-8	206	Daza Brunet Raquel	VUL-2	224
Cortés Martínez Mara Yadira	SED-13 CARTEL	208	Daza Brunet Raquel*	VUL-3	224
Cortés Silva Alejandra	GEOH-17 CARTEL	132	De Basabe Delgado Jonas De Dios	MSG-10	173
Cortés Silva Alejandra	SE04-23	251	De León España Jose	EG-55 CARTEL	116
Cortez Huerta Mauro*	SE03-13 CARTEL	244	De Lucio Morales Oscar G.	AR-8	79
Cortina Urrutia Lucila Margarita	SE04-18	250	De Lucio Morales Oscar G.	AR-9	79
Cortina Urrutia Lucila Margarita*	SE04-23	251	De Lucio Morales Oscar G.	SE09-8 CARTEL	269
Corzo Pola Héctor Antonio*	MSG-8	173	De Nardin Clezio Marcos*	SE23-6	330
Costa Joaquim E. R.	FE-15	121	De Plaen Raphael*	VUL-18 CARTEL	228
Cota Lucero Tania	OCC-11	180	De la Cruz Bartolón Jesús	CCA-32	96
Cota Valdez Luis Jael	SED-4	205	De la Cruz Celis Paul Ricardo*	GEOH-19 CARTEL	133
Cota Valdez Luis Jael*	SED-14 CARTEL	208	De la Cruz Domínguez Itzel Denisse*	EG-2	105
Cotte Nathalie	GEOD-3	125	De la Cruz Granado Ana Karen*	CCA-25	94
Couder-Castañeda Carlos	CCA-51 CARTEL	99	De la Cruz-Orozco Martin	SE15-30	300
Couder-Castañeda Carlos*	GEOH-10	131	De la Cruz Silva Ana Laura	EG-40 CARTEL	113
Couder-Castañeda Carlos	MSG-12	174	De la Jara César	FE-5	119
Couoh-Puga Danilu*	SE10-22 CARTEL	277	De la Luz Rodríguez Víctor Hugo	FE-5	119
Coutiño Taboada Mariana E	VUL-12	227	De la Luz Víctor*	FE-17	121
Covarrubias Briceida	SE15-29	300	De la Rosa Brenda*	SIS-38 CARTEL	219
Coviello Velio	VUL-14	227	De la Rosa Brenda	SIS-49 CARTEL	222
Coviello Velio	VUL-17 CARTEL	228	Decker John*	SE08-7	265
Coyle Nicola	SE18-14 CARTEL	318	Del Pilar Martínez Alexis*	GET-9	142
Cristobal Legorreta Laura Esperanza*	GEOQP-38 CARTEL	169	Del Pilar Martínez Alexis	GET-10	142
Cros Anne	MSG-4	172	Del Río García Marcela	SE10-26 CARTEL	278
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-1	285	Delgadillo Hinojosa Francisco	SE15-5	295
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-2	285	Delgadillo Saúl	SE15-26	299
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-3	285	Delgado Argote Luis	RN-1	197
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-6	286	Delgado Ayala Daniela	GEOH-19 CARTEL	133
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-9	286	Delgado-Fierro Arturo Obed*	GEOQP-20	165
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-10	287	Delgado Gallardo Luis Alonso	MSG-5	172
Cruz Atienza Víctor Manuel*	SE12-11	287	Delgado Granados Hugo	VUL-16	228
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-12	287	Delgado Kú Miguel	AR-9	79
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-13	287	Delgado Rodríguez Omar	EG-32 CARTEL	111
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-14	287	Delgado-Torres Alexander	VUL-4	224
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-18	288	Dena Ornelas Oscar Sotero	EG-59 CARTEL	116
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-19	289	Dena Ornelas Oscar Sotero	GEOH-22 CARTEL	133
Cruz Atienza Víctor Manuel	SE12-21	289	Dena Ornelas Oscar Sotero*	GEOH-23 CARTEL	134
Cruz-Castañeda Jorge	SE04-27 CARTEL	252	Denardini Clezio M.	FE-15	121
Cruz Castellanos Samuel Itzcóati*	CCA-69 CARTEL	103	Devizze Mariana	GEOPAL-11 CARTEL	158
Cruz Gómez Idalia Teresa	SE04-6	248	Devizze Marina	GEOPAL-3	156
Cruz Gómez Raúl	MSG-4	172	Di Maggio Rosa Maria*	SE02-2	236
Cruz Palma Jorge Ezra	AR-6	79	Díaz-Aguirre Pablo	SE19-9 CARTEL	321
Cruz-Pliego Miguel Ángel	SE11-12 CARTEL	282	Díaz Alcántara Delma*	SE16-3	307
Cruz-Rascón Mary Guadalupe*	GEOQP-18	165	Díaz Asencio Misael*	SE10-5	272
Cruz Rodríguez Roberto Carlos*	SE03-1	242	Díaz Asencio Misael	SE10-6	273
Cruz-Romero Bartolo	CCA-54 CARTEL	100	Díaz Asencio Misael	SE10-9	273
Cruz Ronquillo Olivia*	GGA-1	150	Díaz Asencio Misael	SE10-10	274
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-15 CARTEL	153	Díaz Asencio Misael	SE10-12	274
Cruz-Silva Esmeralda	SE18-3	315	Díaz Asencio Misael	SE15-4	295

Díaz Asencio Misael*	SE15-38 CARTEL	302	Esparza López Rodrigo*	SE09-5	269
Díaz Asencio Misael	SE15-47 CARTEL	303	Espinasa Pereña Ramón	VUL-1	224
Díaz Asencio Misael	SE15-52 CARTEL	304	Espinasa Pereña Ramón	VUL-2	224
Díaz Asencio Misael	SE15-53 CARTEL	304	Espinasa Pereña Ramón	VUL-3	224
Díaz Esteban Yanet*	CCA-37 CARTEL	97	Espíndola Castro Juan Manuel*	VUL-9	226
Díaz Flores Miguel Angel	EG-53 CARTEL	115	Espíndola Castro Víctor Hugo	SIS-10	213
Díaz Flores Miguel Angel*	EG-56 CARTEL	116	Espíndola Castro Víctor Hugo	SIS-11	214
Díaz García Ovel	SE15-36 CARTEL	301	Espíndola Juan Manuel	SIS-20	216
Díaz García Ovel*	SE20-2	324	Espindola Nancy	EG-10	106
Díaz Gómez Yahaira Citlally*	GEPAL-12 CARTEL	158	Espíndola Víctor Hugo	SIS-8	213
Díaz Martínez Roberto	GET-8	141	Espíndola Víctor Hugo*	SIS-43 CARTEL	221
Díaz Méndez Guillermo	OCC-24	183	Espinosa Adan	FE-12	120
Díaz Méndez Guillermo*	OCC-29	184	Espinosa Cortes Boris*	GEPAL-10 CARTEL	158
Díaz Méndez Guillermo*	SE15-16	297	Espinosa Gómez David Rodrigo*	SE10-17	276
Díaz Mojica John Jairo	SE12-18	288	Espinosa-Jiménez Adán	FE-13	121
Díaz Mojica John Jairo*	SE12-19	289	Espinosa-Jiménez Adán	FE-23 CARTEL	122
Díaz-Ortega Jaime	GEOQP-33 CARTEL	168	Espinoza Adan	FE-25 CARTEL	122
Díaz Ortega Ulises	GEPAL-4	156	Esquivel Castillo Alondra Abigail*	SED-13 CARTEL	208
Díaz Rodríguez Oscar Onoe*	CCA-42 CARTEL	98	Esquivel Herrera Katya*	GEOH-28 CARTEL	134
Diercks Arne	SE10-6	273	Esquivel Ruben*	GEOH-9 CARTEL	126
Diercks Arne	SE10-7	273	Esquivel Trava Bernardo*	OCC-26	183
Diercks Arne	SE10-13	275	Esquivel Trava Bernardo	OCC-27	183
Domínguez Guadarrama Alejandro*	SE15-51 CARTEL	304	Esquivel Trava Bernardo	OCC-28	183
Domínguez Luis Antonio	SIS-5	212	Esquivel Trava Bernardo	SE15-16	297
Domínguez Luis Antonio	SE19-1	320	Estévez Erick	EG-10	106
Domínguez-Mota Francisco Javier	SE07-4	260	Estrada Allis Sheila Natalí	SE10-2	272
Domínguez Ramírez Luis Antonio	AR-24	83	Estrada Allis Sheila Natalí	SE10-4	272
Domínguez Ramírez Luis Antonio	AR-27 CARTEL	83	Estrada Allis Sheila Natalí	SE10-24 CARTEL	278
Domínguez Ramírez Luis Antonio*	SE12-6	286	Estrada Allis Sheila Natalí*	SE15-3	295
Donnelly Laurance*	SE02-7	237	Estrada Allis Sheila Natalí	SE15-45 CARTEL	303
Donnelly Laurance	SE02-8	237	Estrada Francisco	CCA-68 CARTEL	103
Donnelly Laurance*	SE02-10	238	Estrada Porrúa Francisco*	CCA-31	95
Donnelly Laurance*	SE23-4	330	Estrada Porrúa Francisco	CCA-34	96
Dorantes Hernández José Manuel*	OCC-37 CARTEL	185	Estrada Porrúa Francisco	CCA-35	96
Dos Santos Caetano Neto Ernesto	CCA-49 CARTEL	99	Estrada-Ruiz Emilio	PALEO-5	192
Duarte Mario	SE02-11	238	Evangelista Heitor	SE18-14 CARTEL	318
Durán Oliva Ana Laura	EG-56 CARTEL	116	Evangelista Thalles Fernandes de Souza	SE02-17 CARTEL	239
Durán Rangel Miguel Orlando	GEOH-28 CARTEL	134	Fajardo San Miguel Gerardo	SE17-13 CARTEL	312
Durán Rodrigo	SE20-3	324	Fajardo Yamamoto Arturo	SE10-15	275
Durazo Arvizu Reginaldo	OCC-1	178	Feaux Karl*	GEOH-1	125
Durazo Arvizu Reginaldo	OCC-2	178	Fedun Viktor	FE-19	122
Durazo Arvizu Reginaldo	OCE-9	188	Felix Maldonado Rafael	SIS-10	213
Durazo Arvizu Reginaldo	OCE-16 CARTEL	190	Ferhat Gilbert	GEOH-2	125
Dzul García Oscar Antonio	CCA-5	90	Fernández Francisco	SIS-21	216
Ek Huchim Juan Pablo	SE15-24	299	Fernández Maya Francisco Omail*	VUL-19 CARTEL	228
Ekatarina Kazachkina	GEOH-6	126	Fernandez Ordoñez Yolanda M.	RN-10	199
Eliosa Esbaide	SE20-11 CARTEL	325	Fernandez Torres Enrique Antonio*	GEOH-7	126
Ellis Paul*	SE08-9 CARTEL	265	Ferrari Luca	EG-22	109
Enciso-Aguilar Mauro Alberto	CCA-51 CARTEL	99	Ferrari Luca	GEOH-8	130
Enríquez Ortiz Cecilia*	OCC-12	180	Ferrari Luca	GP-7 CARTEL	138
Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-18	181	Ferrari Luca*	GET-15	143
Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-32 CARTEL	184	Ferrari Luca*	GET-16	143
Enríquez Ortiz Cecilia	OCE-10	189	Ferrari Luca	GET-22 CARTEL	145
Enríquez Ortiz Cecilia	SE15-17	298	Ferrari Luca	GET-23 CARTEL	145
Enríquez Ortiz Cecilia	SE15-21	298	Ferrari Luca	GET-24 CARTEL	146
Enríquez Ortiz Cecilia	SE15-51 CARTEL	304	Ferrari Luca	GET-25 CARTEL	146
Erwan Pathier	GEOH-6	126	Ferrari Luca	GEOQP-30 CARTEL	168
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	CCA-5	90	Ferrari Luca	SE04-21	251
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	RN-7	198	Ferreira Bartrina Vicente	SE15-48 CARTEL	303
Escalona Alcázar Felipe de Jesús	SIS-13	214	Ferrer Parra Vania*	GEOQP-28 CARTEL	167
Escamilla-Salzar María Josefina*	CCA-50 CARTEL	99	Ferriño Fierro Adrián Leonardo	SE17-1	310
Escamilla Sánchez Juan Carlos	SE03-11 CARTEL	244	Ferriño Fierro Adrián Leonardo	SE17-3	310
Escobar Ana Teresa	SE15-22	299	Ferriño Fierro Adrián Leonardo	SE17-4	310
Escobar Barrios Vladimir Alonso	GP-6 CARTEL	137	Ferrusquía Villafranca Ismael*	PALEO-6	193
Escobar Briones Elva	SE10-12	274	Fierro-Sandoval Saúl*	GEOQP-17	165
Escobar Jaime	SE18-4	315	Figuroa Ángel	EG-31 CARTEL	111
Escobar Jaramillo Jaime Humberto	SE18-6	316	Figuroa Ángel	SIS-23	216
Escobar Sánchez Alejandra Rosario*	CS-5 CARTEL	87	Figuroa Ángel	SIS-38 CARTEL	219
Escobar Sánchez Alejandra Rosario	CS-9 CARTEL	88	Figuroa Espinosa Bernardo	SE06-5	257
Escobar Sánchez Elia	SE18-1	315	Figuroa Leonardo	SE08-3	264
Escobedo Tamez Andrea	SE17-4	310	Figuroa Leonardo	SE08-4	264
Escobedo Tamez Andrea*	SE17-13 CARTEL	312	Figuroa Leonardo	SE08-9 CARTEL	265
Escobedo Zenil David	SE19-3	320	Figuroa Leonardo	SE08-10 CARTEL	265
Escobedo Zenil David*	SE19-9 CARTEL	321	Figuroa Leonardo	SE08-11 CARTEL	265
Escobedo Zenil David	SE19-11 CARTEL	321	Figuroa Salgado Juan Enrique*	RN-25 CARTEL	202
Escolero Fuentes Oscar	GEOH-14	132	Figuroa Soto Ángel	EG-6	106
Escorza Reyes Marisol	RN-29 CARTEL	203	Figuroa Soto Ángel	SIS-16	215
Escudero Ayala Christian Rene	EG-1	105	Figuroa Soto Ángel	SIS-49 CARTEL	222
Escutia-Saucedo Yazmín	GET-21 CARTEL	145	Figuroa Soto Ángel	SIS-51 CARTEL	222
Esparza Alfredo*	GEOH-12 CARTEL	127	Figuroa Soto Ángel	SE16-1	307
Esparza Alvarez María Auxilio	OCE-1	187	Figuroa Soto Ángel	SE16-2	307
Esparza Alvarez María Auxilio*	SED-5	206	Filatov Denis*	SE03-14 CARTEL	244
Esparza Hernández Francisco Javier	MSG-2	172	Filonov Anatoliy	OCC-5	178
Esparza Hernández Francisco Javier	MSG-11	173	Filonov Anatoliy	OCC-13	180
Esparza López Rodrigo	AR-1	78	Filonov Anatoliy	SE07-2	260

Filonov Anatoliy	SE07-5	260	Gamez Nuñez Emmanuel Jesús*	SE18-6	316
Filonov Anatoliy	SE07-9	261	Garay Delgado Gerardo	VUL-12	227
Filonov Anatoliy	SE07-10	261	García Abdeslem Juan*	EG-21	109
Filonov Anatoliy	SE07-11	261	García Adrián*	RN-2	197
Filonov Anatoliy*	SE07-12	262	García Aguilar María Concepción	SE10-15	275
Fitch Geymonat Brenda Natalia*	OCC-32 CARTEL	184	García Aguilar María Concepción*	SE10-18	276
Fitz Alvira Nestor*	VUL-15	227	García Agustín*	VUL-16	228
Fitz Díaz Elisa	GET-28 CARTEL	147	García Agustín*	SE15-54 CARTEL	305
Fitz Díaz Elisa	GET-32 CARTEL	148	García Alonso Donaji	CS-3 CARTEL	86
Fletcher John	EG-11	107	García-Amador Bernardo Ignacio	SED-3	205
Fletcher John	EG-60 CARTEL	117	García Arreola María Elena	GEOH-5	129
Fletcher John	GET-4	140	García Badillo Irwing Brian*	SIS-51 CARTEL	222
Fletcher John*	SE23-3	330	García Bautista Itza Sugey*	SE10-19	276
Flores Ana Laura	OCC-2	178	García Carrillo Paula	SE15-45 CARTEL	303
Flores-Aqueveque Valentina	SE18-8	316	García Chan Néstor	MSG-19 CARTEL	175
Flores Armenta Pamela	MSG-25 CARTEL	176	García Chan Néstor	SE03-9 CARTEL	244
Flores Camacho Luis Francisco	RN-3	197	García Cruz Lucía Del Carmen	CS-4 CARTEL	86
Flores Cano José Valente	GP-1 CARTEL	137	García Cruz Norberto Ulises	SE10-19	276
Flores Cano José Valente	GP-4 CARTEL	137	García Cruzado Sergio Armando*	GEOH-30 CARTEL	135
Flores Correo Carolina*	OCE-1	187	García Cueto Rafael	CCA-59 CARTEL	101
Flores Hernández Jose Rafael*	GP-7 CARTEL	138	García Dena Miriam Paulina*	EG-59 CARTEL	116
Flores López Francisco Alonso	SE16-7	308	García Dobarganes Bueno Juan Esteban	CS-7 CARTEL	87
Flores López María Z.	CS-8 CARTEL	87	García Dobarganes Bueno Juan Esteban	FE-14	121
Flores López María Z.	SE22-1 CARTEL	328	García Dobarganes Bueno Juan Esteban*	GET-18 CARTEL	144
Flores Luna Carlos Francisco	EG-11	107	García Dobarganes Bueno Juan Esteban	GET-20 CARTEL	145
Flores Luna Carlos Francisco	EG-26 CARTEL	110	García Dobarganes Bueno Juan Esteban	GGA-16 CARTEL	153
Flores Luna Carlos Francisco	MSG-15	174	García Dobarganes Bueno Juan Esteban	SED-11 CARTEL	207
Flores Márquez Elsa Leticia*	GEOPAL-8	157	García Emmanuel Soliman*	SE12-14	287
Flores Muñoz Julieta	SE09-5	269	García Equihua Lucía*	RN-5	198
Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-6	130	García García Fernando	CCA-7	91
Flores Ocampo Itzamna Zaknite*	GEOQP-35 CARTEL	169	García García Fernando	CCA-8	91
Flores Palafox Estephany	EG-25 CARTEL	110	García-García Fernando*	CCA-9	91
Flores Palafox Estephany	EG-27 CARTEL	110	García Garnica Edgar	SE18-1	315
Flores-Pérez Stefania*	GET-3	140	García Garnica Edgar Manuel*	SE18-2	315
Flores Ramos Graciela Rosario*	SE04-12	249	García Gómez Víctor Hugo	AR-2	78
Flores Rojas José Luis	SE05-2	254	García Gómez Víctor Hugo	AR-11	80
Flores Trujillo Juan Gabriel	OCC-14	180	García Gómez Víctor Hugo	AR-26 CARTEL	83
Flores-Vidal Xavier	OCC-14	180	García González Rubi Miroslava*	GEOH-10 CARTEL	126
Flores-Vidal Xavier*	OCE-9	188	García Guerrero Diana Isabel*	SE01-8	233
Flores-Vidal Xavier*	OCE-11	189	García-Hernández Imelda Perla*	PALEO-5	192
Florez Amaya Sandra Lorena*	GEOQP-9	163	García Hernández Oscar Humberto	GET-5	140
Florian-González Xóchitl A.	CS-1 CARTEL	86	García Hernández Samantha Yahel	GET-14	143
Fonseca Hernández Maríam*	CCA-13	92	García Hurtado María Fernanda*	GET-27 CARTEL	146
Forbes Shari*	SE02-5	236	García-Jiménez Alejandro Jair*	CCA-53 CARTEL	100
Fortuna-Murillo María*	SE02-6	237	García Jiménez Alejandro Jair*	SE04-15	249
Fragoso Irineo Anaid*	EG-39 CARTEL	112	García Jorge	SIS-41 CARTEL	220
Franco Almontes Gabriel Antonio	SIS-32	218	García Juan Gabriel	SE20-13 CARTEL	325
Franco Almontes Gabriel Antonio*	SIS-46 CARTEL	221	García-Loera Iram*	GEOQP-22	166
Franco Gaviria Felipe	SE18-10 CARTEL	317	García-Loginova Vladimir	CCA-9	91
Franco-Gaviria Juan Felipe	PALEO-15 CARTEL	195	García López Aniarely del Carmen*	SE03-11 CARTEL	244
Franco Pedro	EG-7	106	García Lucero Angeles Berenisse*	SE15-23	299
Franco-Rubio Miguel	GEOQP-23	166	García Maldonado José Q.	SE10-19	276
Franco Sanchez Sara Ivonne	SE12-2	285	García Martínez Ivonne Mariela*	CCA-17	93
Franco Sanchez Sara Ivonne*	SE12-12	287	García Martínez Ivonne Mariela*	CCA-47 CARTEL	98
Franco Sara	SIS-22	216	García-Mendoza Ernesto	OCC-9	179
Franco Sara	SE12-11	287	García Nava Héctor	OCC-26	183
Frank Alejandro	CCA-64 CARTEL	102	García Nava Héctor	OCC-27	183
Frank Alejandro	SE17-10 CARTEL	312	García Nava Héctor*	OCC-28	183
Frank William	SE12-4	285	García Nava Héctor*	SE15-2	295
Franklin Gemma Louise*	OCC-35 CARTEL	185	García Nava Héctor	SE15-8	296
Frausto-Castillo Antonio	SE15-34 CARTEL	301	García-Nava Hector	SE15-14	297
Fregoso Becerra Emilia	EG-20	108	García Nava Héctor	SE15-51 CARTEL	304
Fregoso Becerra Emilia	MSG-3	172	García Orozco Jonathan*	SE15-5	295
Fregoso Becerra Emilia	MSG-6	172	García Oscar*	SE06-6	257
Fregoso Becerra Emilia	MSG-19 CARTEL	175	García Paula	SE10-2	272
Fuentes Arreazola Mario Alberto*	EG-43 CARTEL	113	García Pimentel Alejandra Guadalupe*	SE09-9 CARTEL	269
Fuentes Arreazola Mario Alberto	RN-14	200	García Rafael	SE09-10 CARTEL	270
Fuentes-Carreón Claudio	SE04-27 CARTEL	252	García Rocío	CCA-44 CARTEL	98
Fuentes-Mariles Oscar	CCA-3	90	García Rocío*	RN-13	200
Fuentes-Mariles Oscar	RN-9	199	García Rodríguez Hemes Martín	GET-14	143
Fuentes-Mariles Oscar	RN-11	199	García-Ruiz Rafael	GEOPAL-4	156
Fuentes Rivas Rosa María	GEOH-4	129	García Ruíz Rafael*	SE09-2	268
Fuentes Rubio Natalia Denise*	EG-57 CARTEL	116	García Ruíz Rafael*	SE09-3	268
Galaviz-Alonso Sergio Alberto	SIS-40 CARTEL	220	García Ruíz Rafael	SE09-9 CARTEL	269
Galaviz-Alonso Sergio Alberto	SE11-12 CARTEL	282	García-Serrano Alejandro	EG-19	108
Galaviz González José Roberto	SE07-11	261	García Serrano Alejandro	SE19-2	320
Galindo López Víctor	SE03-15 CARTEL	245	García-Serrano Alejandro	SE19-9 CARTEL	321
Gallardo Delgado Luis Alonso	MSG-15	174	García Suárez Erick*	EG-8	106
Gallardo Erik*	MSG-9	173	García Tenorio Felipe*	VUL-22 CARTEL	229
Gallardo Erik*	SIS-48 CARTEL	222	García Tolentino Julian de Jesus	EG-55 CARTEL	116
Gallegos-Castillo Cristian Alejandro	EG-33 CARTEL	111	García Toral Dolores	MSG-1	172
Gallegos del Tejo Arturo	CS-5 CARTEL	87	García Víctor	AR-3	78
Gallegos del Tejo Arturo*	CS-9 CARTEL	88	García Villanueva Alma Patricia	CS-9 CARTEL	88
Galván Regalado Justino	AR-18	81	Garduño Monroy Víctor Hugo	GET-5	140
Gamboia Abril	SE10-16	276	Garduño-Monroy Víctor Hugo	VUL-5	225

Garduño Torres Israel David*	GET-28 CARTEL	147	Gonzalez Aviles Jose Juan	FE-6	119
Garza-DiazBarriga Andrea	AR-16	81	González-Avilés José Juan	FE-23 CARTEL	122
Gasca Tzitali	SE07-2	260	González Barba Gerardo	AR-12	80
Gasca Tzitali*	SE07-4	260	Gonzalez Calixto Ana Rosenda*	GGA-19 CARTEL	154
Gaucher Emmanuel	SIS-23	216	Gonzalez Calixto Ana Rosenda*	SED-17 CARTEL	209
Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCC-3	178	González-Cervantes Norma	CS-1 CARTEL	86
Gaviño Rodríguez Juan Heberto*	OCC-16	181	González-Cervantes Norma	GET-6	141
Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCC-30 CARTEL	184	González Escobar Mario	EG-3	105
Gaviño Rodríguez Juan Heberto	OCE-15	190	González Escobar Mario	EG-4	105
Gaviño Rodríguez Juan Heberto*	SE04-22	251	González Escobar Mario	EG-5	105
Gay García Carlos*	CCA-30	95	González Escobar Mario	EG-14	107
Gay García Carlos	CCA-35	96	González Escobar Mario	EG-33 CARTEL	111
Gay García Carlos	CCA-64 CARTEL	102	González Escobar Mario	EG-60 CARTEL	117
Gay García Carlos	SE04-11	249	González Escobar Mario	GET-13	143
Geirsson Halldor	SIS-22	216	González Escobar Mario	MSG-10	173
Gentemann Chelle	OCE-4	187	González Esparza Juan Américo	FE-3	119
Geremia Nievinski Felipe	GEOD-5	125	González Esparza Juan Américo	FE-6	119
Gilbert Sherry	SE10-1	272	González Esparza Juan Américo	FE-7	120
Giles Jacob D.	SE15-52 CARTEL	304	González Esparza Juan Américo	FE-11	120
Gilles Lacan Pierre	GET-5	140	González Esparza Juan Américo	FE-12	120
Gimeno Luis	CCA-16	93	González Esparza Juan Américo*	FE-15	121
Gimeno Luis	CCA-18	93	González Esparza Juan Américo	FE-23 CARTEL	122
Girón Patricia	VUL-8	226	González Esparza Juan Américo	FE-25 CARTEL	122
Glowacka Ewa	SIS-27	217	González Eugenia	CCA-67 CARTEL	103
Glowacka Ewa	SIS-29	218	González Fernández Antonio	EG-5	105
Godínez Calderón Ma. de Lourdes	VUL-9	226	González Fernández Antonio	SIS-17	215
Godínez Víctor Manuel	SE06-3	257	González Fernández Antonio	SIS-47 CARTEL	221
Godoy Juan Luis	FE-12	120	González García Javier	GEOD-4	125
Godoy Juan Luis	FE-13	121	González Guevara José Luis	CCA-62 CARTEL	101
Godoy Juan Luis	FE-23 CARTEL	122	González Guevara José Luis*	MSG-24 CARTEL	176
Godoy Juan Luis	FE-25 CARTEL	122	González Guevara José Luis*	MSG-25 CARTEL	176
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-3	156	González Guevara José Luis*	VUL-23 CARTEL	229
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-4	156	González Guevara José Luis	SE04-25 CARTEL	252
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-5	157	González Guevara José Luis*	SE11-1	280
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-6	157	González Guillermo*	SIS-5	212
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-9 CARTEL	157	González Guillermo	SE12-4	285
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-10 CARTEL	158	González Guillermo*	SE13-4	292
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-11 CARTEL	158	González Guzmán Renée	GEOQP-6	162
Gogichaishvili Avto	SE09-2	268	González Hernández Galía*	AR-11	80
Gogichaishvili Avto	SE09-3	268	González Hernández Galía	AR-14	81
Gogichaishvili Avto	SE09-7 CARTEL	269	González Hernández Galía	GGA-12 CARTEL	152
Gogichaishvili Avto	SE09-8 CARTEL	269	González Hernández Galía	SE20-7	325
Gogichaishvili Avto	SE09-9 CARTEL	269	González Hernández Julio César	EG-25 CARTEL	110
Gogichaishvili Avto	SE09-10 CARTEL	270	González Hernández Julio César	EG-27 CARTEL	110
Gold-Bouchot Gerardo	SE10-22 CARTEL	277	González Hernández Julio César	SE11-1	280
Golden Charles	AR-25 CARTEL	83	González Hernández Julio César	SE11-13 CARTEL	282
Gómez Arias Efraín	EG-5	105	González Huizar Héctor	SIS-15	215
Gómez Arias Efraín	EG-14	107	González Huizar Héctor	SIS-31	218
Gómez Arias Efraín	SIS-47 CARTEL	221	González Huizar Héctor	SE13-5	292
Gómez Arredondo Carmen Maricela	EG-40 CARTEL	113	González Huizar Héctor*	SE13-6	293
Gómez Arredondo Carmen Maricela*	SIS-35 CARTEL	219	González Itzamná	SE01-4	232
Gómez Bernal Juan M.	GGA-1	150	González Javier Alejandro	SE17-15 CARTEL	313
Gómez Figueroa Adrián	VUL-27 CARTEL	230	González Jenny Andrea	CS-6 CARTEL	87
Gómez Flores Octavio*	FE-18	121	González Jiménez Leonardo Daniel*	EG-40 CARTEL	113
Gómez García Héctor Fernando	OCE-6	188	González José Juan*	FE-19	122
Gómez García Yajaira	AR-22	82	González Juárez Diego Armando	EG-55 CARTEL	116
Gómez González Juan Martín*	SIS-15	215	González López Adriana	SIS-10	213
Gómez González Juan Martín	SIS-36 CARTEL	219	González-López Martina	SE11-12 CARTEL	282
Gómez Mena Berenice*	GEOPAL-5	157	Gonzalez Lucia*	SE19-8	321
Gómez Palacios David*	RN-1	197	González Luis Xavier*	FE-21	122
Gómez Ramos Octavio	CCA-50 CARTEL	99	González Martínez Mario	SIS-16	215
Gómez Ramos Octavio	OCC-34 CARTEL	185	González Mayor Yandy*	CCA-21	93
Gómez Ramos Octavio*	SE12-21	289	González Medina Karla Guadalupe*	GEOQP-15	164
Gómez Sena Isaiavis	CCA-48 CARTEL	99	González Méndez Luis Xavier	FE-1	119
Gómez Susana*	MSG-16	174	González Méndez Luis Xavier	FE-2	119
Gómez Treviño Enrique	MSG-10	173	González Méndez Luis Xavier	FE-6	119
Gómez Treviño Enrique	MSG-15	174	González Méndez Luis Xavier	FE-9	120
Gómez Valdés José*	OCE-4	187	González Ortega Javier Alejandro	GEOD-4	125
Gómez Valdés José	OCE-7	188	González Ortega Javier Alejandro	GEOD-8	126
Gómez Valdés José*	SE04-8	248	González Ortega Javier Alejandro	GEOD-10 CARTEL	126
Gómez-Valdivia Felipe*	SE15-15	297	González Ortega Javier Alejandro	RN-1	197
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	GEOPAL-5	157	González Ortega Javier Alejandro	SE13-6	293
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	GEOPAL-6	157	González Oswaldo	SE10-16	276
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela*	VUL-5	225	González Penagos Carlos Eduardo	SE10-23 CARTEL	277
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-13	227	González Ramírez Zianya Xarény*	SE16-7	308
Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-28 CARTEL	230	González Rangel Jose Antonio*	GEOPAL-16 CARTEL	159
Gómez de la Peña Ernesto Eduardo	SE15-41 CARTEL	302	González Rejón Joana Julieta*	SE15-50 CARTEL	304
Gómez de la Peña Ernesto Eduardo*	SE15-42 CARTEL	302	González Rodríguez Eduardo	OCE-2	187
Góngora Salas Ángel	SE09-8 CARTEL	269	González Romo Irving Antonio	GEOQP-13	164
González Adriana	SIS-8	213	González Sánchez Michael Francisco	MSG-20 CARTEL	175
González Adriana	SIS-37 CARTEL	219	Emmanuel*		
González-Amezcuca Miguel	VUL-17 CARTEL	228	Gonzalez Santamaría Raúl	SE15-7	296
González Ana Laura*	OCC-33 CARTEL	184	Gonzalez Santamaría Raúl	SE15-9	296
González Arellano Ely Osiris	EG-36 CARTEL	112	Gonzalez Santamaría Raúl	SE15-11	296
González Avila Daniel	SIS-10	213	Gonzalez Santamaría Raúl	SE15-36 CARTEL	301

González Solís Alicia	SE15-21	298	Heredia-Jiménez Daniela Paulina	PALEO-3	192
Gordon Román	SE03-4	242	Heredia Verence	SE09-4	268
Gorokhovitch Yuri	CCA-56 CARTEL	100	Herguera Juan Carlos	SED-5	206
Gorr Emiliano	OCC-28	183	Herguera Juan Carlos	SE10-5	272
Gracia Adolfo	SE10-1	272	Herguera Juan Carlos	SE10-6	273
Gracia Adolfo	SE10-8	273	Herguera Juan Carlos*	SE10-9	273
Gracia Adolfo	SE10-10	274	Herguera Juan Carlos*	SE15-4	295
Gracia Adolfo*	SE10-21	277	Herguera Juan Carlos	SE15-32	300
Gracia Adolfo	SE15-12	297	Herguera Juan Carlos	SE15-38 CARTEL	302
Gracia Adolfo	SE15-34 CARTEL	301	Herguera Juan Carlos	SE15-47 CARTEL	303
Gracia Barrera Ashley David*	SE17-5	311	Herguera Juan Carlos	SE15-48 CARTEL	303
Gracoa Adolfo	SE10-11	274	Herguera Juan Carlos	SE15-53 CARTEL	304
Gradilla Luis Carlos*	SE17-6	311	Hernández-Abreu Claudia	SE10-10	274
Graef Federico*	OCE-12	189	Hernández Alfaro Jaime*	CCA-40 CARTEL	97
Granados Iván	SIS-23	216	Hernández Alpírez Hector*	SE01-2	232
Granados Iván*	SE16-1	307	Hernández Álvarez Elizabeth	CS-3 CARTEL	86
Granados Iván*	SE16-2	307	Hernández Álvarez Elizabeth	GGA-2	150
Granados Olivas Alfredo	GEOH-7	130	Hernandez Anaya Shaden Saray	FE-3	119
Granados Olivas Alfredo	GEOH-28 CARTEL	134	Hernandez Anaya Shaden Saray*	FE-4	119
Grave Tirado Luis Alfonso	SE09-7 CARTEL	269	Hernández Ayón José Martín	SE15-20	298
Grigoli Francesco	SIS-39 CARTEL	220	Hernández Becerri David Uriel	OCE-1	187
Grijalva y Ortiz Nicolás*	SE03-15 CARTEL	245	Hernández Bello María Guadalupe*	RN-16	200
Gross Markus	CCA-21	93	Hernández Bello María Guadalupe*	RN-21	201
Gross Markus	CCA-22	94	Hernández Cardona Arnaldo	AR-18	81
Gross Markus	SE06-3	257	Hernandez Cortes Jose Eduardo*	PALEO-11 CARTEL	194
Gross Markus*	SE06-4	257	Hernández Díaz Laura Fabiola	SE04-13	249
Gross Markus*	SE06-7	258	Hernández Escampa Abarca Marco Antonio*	AR-10	80
Gross Markus	SE06-8	258	Hernández Espriú Antonio	GEOH-8	130
Gross Markus*	SE06-9 CARTEL	258	Hernández Espriú Antonio	GEOH-9	131
Grunberg Marc	SIS-39 CARTEL	220	Hernández-Espriú Antonio	GEOH-20 CARTEL	133
Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional	SE11-2	280	Hernández-Espriú Antonio	GET-16	143
Grutter Michel	CCA-28	95	Hernández-Espriú Antonio	SE11-4	280
Grutter Michel	CCA-67 CARTEL	103	Hernández-Espriú Antonio	SE17-7	311
Guadagnini Alberto	MSG-14	174	Hernandez Esteban	FE-6	119
Gualandi Adriano	GEOH-3	125	Hernández García Guillermo de Jesús	GEOH-17 CARTEL	132
Guerra Cobián Victor Hugo	SE17-3	310	Hernandez Garcia Jesus David*	EG-42 CARTEL	113
Guerra Cobián Victor Hugo	SE17-4	310	Hernández García Marilina*	CCA-60 CARTEL	101
Guerrero Arenas Rosalía	PALEO-8	193	Hernández García Yazmín Guadalupe	CCA-52 CARTEL	99
Guerrero Arenas Rosalía	PALEO-11 CARTEL	194	Hernández-Gómez Jorge Javier	CCA-51 CARTEL	99
Guerrero Arenas Rosalía	PALEO-13 CARTEL	194	Hernández-Gómez Jorge Javier	GEOH-10	131
Guerrero Arenas Rosalía*	SE11-8 CARTEL	281	Hernández Gómez Jorge Javier*	MSG-12	174
Guerrero Arenas Rosalía*	SE11-9 CARTEL	281	Hernández Gómez Jose Alberto	SIS-35 CARTEL	219
Guerrero Arroyo Edgar Alejandro	MSG-6	172	Hernandez Gonzalez Mayra	OCE-11	189
Guerrero Martínez Lilia*	GEOH-13	132	Hernández Hernández Aurora	RN-9	199
Guerrero-Parra Hilda Adriana	CCA-33	96	Hernández-Hernández Aurora	RN-11	199
Guevara Mario	CCA-29	95	Hernández Hernández Mario Alberto*	GEOH-17 CARTEL	132
Guillén Domínguez Karla Andrea*	AR-25 CARTEL	83	Hernández Hernández Mario Alberto	SE04-23	251
Guillermo Montiel Juan Carlos*	SE05-7	255	Hernández Herrera Agustín	OCC-37 CARTEL	185
Guillermo de la Cruz Selena	SIS-35 CARTEL	219	Hernández Huerta Laura Mónica	SE02-13	238
Guo Hongling	SE02-18 CARTEL	239	Hernández Ignacio	GEOH-12 CARTEL	127
Gutiérrez Acosta Raúl	OCC-38 CARTEL	185	Hernández-Isabel Leticia	GGA-18 CARTEL	154
Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe	GGA-14 CARTEL	153	Hernández Javier	SIS-21	216
Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe	GGA-17 CARTEL	154	Hernández López Julieta	OCC-38 CARTEL	185
Gutiérrez Alejandro Alejandra Guadalupe*	SED-12 CARTEL	207	Hernández-Luna Magdalena	CCA-3	90
Gutierrez Dimitri	SE18-8	316	Hernández-Luna Magdalena*	RN-9	199
Gutierrez Francisco	SE08-9 CARTEL	265	Hernández-Luna Magdalena	RN-11	199
Gutierrez González Alondra Rubí	GET-8	141	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-5	198
Gutiérrez López Ernesto Orlando*	VUL-1	224	Hernández Madrigal Víctor Manuel	RN-8	198
Gutiérrez Navarro Rodrigo*	GET-25 CARTEL	146	Hernández Maguey Felipe	OCC-34 CARTEL	185
Gutierrez Peña Quiriat Jearim*	SIS-27	217	Hernandez Mansilla Alexis	CCA-34	96
Gutiérrez-Puente Nicté Andrea	PALEO-4	192	Hernández Marín Martín	GEOH-13	132
Gutiérrez Quijada Sergio Valente	OCC-34 CARTEL	185	Hernández Martínez Constantina	SE20-1	324
Gutierrez Quiriat Jerim	VUL-9	226	Hernandez Martínez Eder Andrei*	OCC-23	182
Gutiérrez-Ruiz Margarita Eugenia	GEOQP-33 CARTEL	168	Hernandez Martínez Karla Rubí*	GEOQP-4	161
Gutiérrez Ruiz Margarita Eugenia	GEOQP-38 CARTEL	169	Hernández-Matínez Rosa Arizbeth	RN-9	199
Gutiérrez-Solis Claudia	SE15-21	298	Hernández Mendoza Ilse Irene*	GGA-12 CARTEL	152
Gutierrez Valdez Vladimir M.A.	SE15-43 CARTEL	302	Hernandez Mirella	SE15-55 CARTEL	305
Gutiérrez de Velasco Sanromán Guillermo	CCA-56 CARTEL	100	Hernández Ordoñez Rodrigo*	GP-8 CARTEL	138
Guzmán Camacho Fabiola	AR-12	80	Hernández Ordoñez Rodrigo*	SE11-5	281
Guzmán Francisco S.	FE-19	122	Hernández-Oscoy Ariadna	SE11-12 CARTEL	282
Guzmán Rosalinda*	EG-54 CARTEL	116	Hernández Paniagua Iván Y.	CCA-63 CARTEL	102
Guzmán-Vázquez Itzel	PALEO-14 CARTEL	195	Hernández Quintero Esteban	GEOPAL-17 CARTEL	159
Guzmán de la Cruz Miguel Ángel*	RN-14	200	Hernández Quintero Esteban	SE19-2	320
Guzmán de la Cruz Miguel Ángel*	SIS-7	213	Hernández Ramos Balbina*	PALEO-13 CARTEL	194
Hakspiel Segura Cristian	SE15-19	298	Hernández Rojas Javier	GEOQP-14	164
Haller Merrick	OCC-29	184	Hernández Rojas Javier	VUL-19 CARTEL	228
Hancock Chris	SE08-1	264	Hernández Rojas Javier	VUL-20 CARTEL	228
Hancock Chris	SE08-6	264	Hernández Rubio Diana G.*	GEOQP-30 CARTEL	168
Hancock Chris	SE08-10 CARTEL	265	Hernández Sandoval Kelly Pamela*	SE19-2	320
Hancock Chris	SE08-11 CARTEL	265	Hernández Siade Alma Tatiana	SE15-7	296
Hargrove William L.	GEOH-7	130	Hernández Siade Alma Tatiana	SE15-9	296
Hatayama Michinori	SE12-1	285	Hernández Siade Alma Tatiana	SE15-10	296
Haugen Vegard*	SE08-1	264	Hernández Siade Alma Tatiana*	SE15-36 CARTEL	301
Heredia Alejandro	SE04-27 CARTEL	252	Hernández Silva Gilberto*	GGA-4	150
			Hernández Treviño José Teodoro	GET-27 CARTEL	146

Hernández Valdez Moises Aaron	EG-48 CARTEL	114	Inguaggiato Claudio	GEOH-8	130
Hernández Ventura Oscar	EG-56 CARTEL	116	Inguaggiato Claudio	EG-11	107
Hernández Vergara Rogelio	GET-32 CARTEL	148	Inguaggiato Claudio	GET-16	143
Hernández-Espriú Antonio	GEOH-12	131	Inguaggiato Salvatore	GET-16	143
Hernández Siade Alma Tatiana	SE15-11	296	Inoue Tomohiro	SE12-14	287
Herrera Alberto	MSG-18 CARTEL	175	Irasaba Avila Oscar	SE04-12	249
Herrera-Cortés Silvia	SE03-5	243	Iriondo Alexander	EG-39 CARTEL	112
Herrera-Díaz Arturo*	GGA-7	151	Ishiki Pérez Hiromi	GET-25 CARTEL	146
Herrera Jorge*	AR-21	82	Israde Alcántara Isabel	PALEO-11 CARTEL	194
Herrera Juárez Viridiana	EG-54 CARTEL	116	Ito Yoshihiro*	SE12-1	285
Herrera Moro Dulce	VUL-16	228	Ito Yoshihiro	SE12-2	285
Herrera Moro Dulce	SE15-43 CARTEL	302	Ito Yoshihiro	SE12-6	286
Herrera Oliva Claudia Soledad*	GEOH-11	131	Ito Yoshihiro	SE12-9	286
Herrera Pérez Jesús Antonio*	EG-9	106	Ito Yoshihiro	SE12-11	287
Herrera Silveira Jorge Alfredo	OCC-8	179	Ito Yoshihiro	SE12-12	287
Herrera Silveira Jorge Alfredo*	OCC-10	179	Ito Yoshihiro	SE12-13	287
Herrera Silveira Jorge Alfredo	OCC-11	180	Ito Yoshihiro	SE12-14	287
Herrera Silveira Jorge Alfredo	SE10-16	276	Ito Yoshihiro	SE12-21	289
Herrera Silveira Jorge Alfredo	SE10-25 CARTEL	278	Ito Yoshihito	SE12-3	285
Hervé Gwenaël	VUL-7	225	Iwata Tomotaka	SE12-18	288
Herzka Sharon	SE15-23	299	Jaime Guerrero José Francisco*	SIS-42 CARTEL	220
Herzka Sharon*	SE15-26	299	Jakes Cota Ulianov	OCC-37 CARTEL	185
Herzka Sharon	SE15-32	300	Jalomo Aguirre Francisco	RN-7	198
Herzka Sharon	SE15-44 CARTEL	303	Jara Vera Rogelio Ivan	CCA-4	90
Herzka Sharon	SE15-50 CARTEL	304	Jaramillo Durazo Ivy Miranda*	SE04-4	247
Heyman Joshia M.	GEOH-7	130	Jaramillo Torres Melissa	OCC-28	183
Hidalgo González Naddir Jhazzel	CCA-4	90	Jarmillo Carlos	SED-20 CARTEL	209
Hinojosa Alejandro	EG-11	107	Jasso Torres Katia	VUL-12	227
Hinojosa Alejandro	SE17-6	311	Jazcilevich Diamant Aron	CCA-63 CARTEL	102
Hinojosa Alejandro*	SE17-8	311	Jenchen Uwe	GP-3 CARTEL	137
Hinojosa Alejandro	SE17-12 CARTEL	312	Jenchen Uwe	SED-1	205
Hinojosa Alejandro	SE17-14 CARTEL	313	Jiménez Delgado Gerardo	AR-26 CARTEL	83
Hinojosa Alejandro	SE17-15 CARTEL	313	Jiménez Escalona José Carlos*	VUL-21 CARTEL	229
Hjörleifsdóttir Vala	SIS-22	216	Jiménez Escalona José Carlos	VUL-24 CARTEL	229
Hjörleifsdóttir Vala	SE12-2	285	Jiménez Gama María Concepción*	SIS-47 CARTEL	221
Hjörleifsdóttir Vala	SE12-13	287	Jiménez González Rocío Berenice*	AR-6	79
Hjörleifsdóttir Vala	SE12-14	287	Jiménez González Rocío Berenice*	AR-26 CARTEL	83
Hodgkinson Kathleen	GEOH-1	125	Jiménez-Hidalgo Eduardo*	PALEO-8	193
Hollander David	SE10-6	273	Jiménez Hidalgo Eduardo	PALEO-12 CARTEL	194
Hollander David	SE10-7	273	Jiménez Hidalgo Eduardo	PALEO-13 CARTEL	194
Hollander David	SE10-8	273	Jiménez Hidalgo Eduardo	SE11-8 CARTEL	281
Hollander David	SE10-11	274	Jiménez-Hidalgo Eduardo	SE11-9 CARTEL	281
Hollander David	SE10-12	274	Jiménez-Illescas Ángel Rafael	OCC-3	178
Hollander David	SE10-13	275	Jiménez-Illescas Ángel Rafael	OCC-30 CARTEL	184
Hollander David*	SE10-20	277	Jimenez Perez Saul*	CCA-58 CARTEL	101
Hollander David	SE15-52 CARTEL	304	Jimenez Reyes Debanhi*	SE15-52 CARTEL	304
Honorato Luna Paloma*	GEOH-24 CARTEL	134	Jones Matthew D.	SE18-5	316
Honorato Luna Paloma*	GEOH-29 CARTEL	135	Jones Matthew D.	SE18-10 CARTEL	317
Hu Can	SE02-18 CARTEL	239	Jónsdóttir Kristín	SIS-22	216
Hu Chuanmin	SE10-20	277	Jordan Thomas H.	SIS-24	217
Hu Chuanmin*	SE23-5	330	Jouanno Julien	SE10-2	272
Hu Lan	SE02-18 CARTEL	239	Jouanno Julien	SE10-15	275
Huante Arana Francisco	MSG-5	172	Jouanno Julien	SE15-45 CARTEL	303
Huerta Díaz Miguel Angel	SE15-5	295	Jousset Philippe	EG-6	106
Huerta Garcia Roberto Emmanuel	SE17-4	310	Jousset Philippe	SIS-23	216
Huerta Garcia Roberto Emmanuel*	SE17-11 CARTEL	312	Jousset Philippe	SE16-1	307
Huerta Rosales Lizbeth*	SE01-7	233	Jousset Philippe	SE16-2	307
Huipe Domratcheva Elizandro*	FE-5	119	Joye Samantha B.	SE08-5	264
Husker Allen	SIS-5	212	Joye Samantha B.	SE08-8	265
Husker Allen	SE12-1	285	Juárez-Aguilar Edwin Aldrin*	GEOQP-12	163
Husker Allen	SE12-2	285	Juárez-Aguilar Edwin Aldrin*	GEOQP-37 CARTEL	169
Husker Allen	SE12-3	285	Juárez-Aguilar Edwin Aldrin	PALEO-14 CARTEL	195
Husker Allen*	SE12-4	285	Juárez Alan*	SIS-24	217
Husker Allen	SE13-4	292	Juárez Arriaga Edgar	GET-6	141
Husker Allen	SE13-5	292	Juárez Arriaga Erick	GEOPAL-13 CARTEL	158
Husker Allen	SE13-6	293	Juarez-Fonseca Miryam	SE10-16	276
Ibañez Hernandez Oscar Fidencio	GEOH-23 CARTEL	134	Juarez Fonseca Miryam*	SE10-25 CARTEL	278
Ibarra Martínez Sergio Eduardo	RN-26 CARTEL	202	Juarez-Garfías Carmen*	SE13-8	293
Ibarra Martínez Sergio Eduardo	RN-28 CARTEL	203	Juárez J. Pedro	SE03-7	243
Ibarra Mendoza Jessica	GEOQP-13	164	Juárez Miryam	OCC-10	179
Ibarra-Morales Emilio	AR-16	81	Juárez Sánchez Andrea*	RN-12	199
Ibarra Romero Jorge Armando*	OCC-31 CARTEL	184	Juárez Zúñiga Alan	SE11-14 CARTEL	282
Ibarra Romero Jorge Armando	SE06-2	257	Juárez Zúñiga Sandra*	GEOQP-10	163
Ibarra Romero Jorge Armando	SE06-10 CARTEL	258	Jurado Sebastián	SE17-8	311
Ide Satoshi	SE12-1	285	Juraszek Ior Canesso	SE02-14	238
Ide Satoshi	SE12-3	285	Juventino Ramírez Eduardo	SE11-11 CARTEL	282
Iglesias Arturo	SIS-22	216	K. Sen Mrinal	MSG-10	173
Iglesias Arturo	SE12-6	286	Kaip Galen	SE19-8	321
Iglesias Arturo	SE12-16	288	Kaneko Yoshihiro	SE12-11	287
Iglesias Arturo*	SE16-5	307	Kantun Manzano Cristian	OCC-11	180
Iglesias Artuto	SIS-14	214	Karloovich Yuri*	FE-8	120
Iglesias Artuto	SIS-28	217	Karloovich Yuri	FE-16	121
Iglesias Artuto	SE12-12	287	Karplus Marianne*	SIS-26	217
Iglesias Serrano Edwin Jair	EG-56 CARTEL	116	Karplus Marianne	SE13-3	292
Inda-Díaz Héctor A.*	CCA-10	91	Karplus Marianne	SE19-8	321

Kazachkina Ekaterina	GEOD-3	125	Lezama Campos José Luis	MSG-14	174
Kazachkina Ekaterina	SE12-4	285	Lezama Campos José Luis	SE04-23	251
Kazachkina Ekaterina	SE12-9	286	Li Jinfeng	SE02-18 CARTEL	239
Kazachkina Ekaterina	SE12-11	287	Lima Cesar Augusto de Freitas	SE02-14	238
Kono Martínez Tadashi*	SE15-17	298	Lima Vera Yasmany*	VUL-2	224
Koshimura Shunichi	SE12-23	290	Limón Covarrubias Pedro	SE07-11	261
Kostoglodov Vladimir	GEOD-3	125	Limón Gámez Juan Antonio	EG-48 CARTEL	114
Kostoglodov Vladimir	SIS-5	212	Limón Gámez Juan Antonio	GGA-11 CARTEL	152
Kostoglodov Vladimir	SE12-2	285	Linacre Lorena	SE15-30	300
Kostoglodov Vladimir	SE12-4	285	Liñán Abanto Rafael Nery*	CCA-24	94
Kostoglodov Vladimir*	SE12-9	286	Linares López Carlos	GEOQP-16	164
Kostoglodov Vladimir	SE12-10	287	Lira-Peralta María G.	CS-1 CARTEL	86
Kostoglodov Vladimir	SE12-11	287	Liu Yajing	SE12-11	287
Kostoglodov Vladimir	SE12-12	287	Lizardo Castro Cecilia	SE04-25 CARTEL	252
Kostoglodov Vladimir	SE12-13	287	Lizardo Castro Cecilia	SE11-1	280
Kostoglodov Vladimir	SE12-14	287	Llado Cabrera Dayli	OCC-37 CARTEL	185
Kostoglodov Vladimir	SE12-16	288	Llamas Carmina	SE15-26	299
Kostoglodov Vladimir	SE12-17	288	Lopera Gasca Ana Cecilia*	SE04-2	247
Kotzakoulakis Konstantinos*	SE10-4	272	Lopera Gasca Ana Cecilia	SE04-7	248
Kotzakoulakis Konstantinos	SE10-24 CARTEL	278	López Arévalo Omar	VUL-28 CARTEL	230
Kotzakoulakis Kostantinos	SE10-2	272	López Castillejos Julio	SE15-51 CARTEL	304
Kshirsagar Pooja*	VUL-25 CARTEL	230	López Ceja Juan Carlos	SE11-12 CARTEL	282
Kumar Shailendra	SE05-1	254	Lopez Corrales Cassandra*	SE20-9 CARTEL	325
Kumar Verma Sanjeet	GEOQP-4	161	López Delgado Verónica*	SE09-7 CARTEL	269
Kurzcyn Robledo Jorge Alejandro*	OCC-14	180	López Doncel Rubén Alfonso	SED-10 CARTEL	207
Kurzcyn Robledo Jorge Alejandro	OCE-9	188	Lopez-Duran Itzel	SE15-34 CARTEL	301
Kurzcyn Robledo Jorge Alejandro	OCE-11	189	López Espinoza Erika Danaé*	CCA-3	90
Kusunoki Shoji	SE03-4	242	López Espinoza Erika Danaé	CCA-50 CARTEL	99
Labastida Israel*	CS-2 CARTEL	86	López Espinoza Erika Danaé	CCA-53 CARTEL	100
Labastida Israel*	CS-6 CARTEL	87	López Espinoza Erika Danaé	RN-9	199
Lacan Pierre	SE12-19	289	López Espinoza Erika Danaé*	RN-11	199
Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-44 CARTEL	98	López Esquivel Alexis*	PALEO-15 CARTEL	195
Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-45 CARTEL	98	López García Karina*	GEOQP-16	164
Ladino Moreno Luis Antonio	GGA-13 CARTEL	153	López González José	GEOH-2	129
Lago Lestón Asunción*	SE15-29	300	López González José	OCE-11	189
Landa Arreguín Jorge Federico Arturo*	GEOQP-32 CARTEL	168	Lopez Haydee	SE15-29	300
Lara Guzmán Uriel	EG-58 CARTEL	116	López Hernández Aída	VUL-12	227
Lara Guzmán Uriel*	GGA-5	151	López Loera Héctor	EG-34 CARTEL	111
Lara Hernández Julio Antonio*	SE15-9	296	López Loera Héctor	VUL-13	227
Lara Hernández Julio Antonio*	SE15-10	296	López-Mariscal Manuel	SE06-3	257
Lara Julio	SE10-2	272	López Mariscal Manuel	SE15-44 CARTEL	303
Lara Lara Ruben	OCE-2	187	López Martínez Rafael	SED-6	206
Lara Lara Ruben	SE15-30	300	López-Martínez Rafael*	SED-19 CARTEL	209
Lara Montiel Ilce Tlanezi	SE04-2	247	López Martínez Rafael	VUL-1	224
Lara Montiel Ilce Tlanezi*	SE04-10	248	López Martínez Rafael	VUL-2	224
Lara-Ruiz Jorge Iván	VUL-26 CARTEL	230	López Martínez Rafael	VUL-3	224
Larios Diego	OCC-24	183	López Mazariégo Erik Alberto*	SE16-4	307
Larrañaga Marco	OCE-13	189	López Mejía Javier	AR-26 CARTEL	83
Larrañaga Marco	SE15-13	297	López Mendoza Perla Guadalupe	SE10-8	273
Larson Rebekka	SE10-5	272	López Moises	RN-13	200
Larson Rebekka*	SE10-6	273	Lopez Nayeli	GGA-8	151
Larson Rebekka	SE10-7	273	López Paz Diego*	EG-58 CARTEL	116
Larson Rebekka	SE10-10	274	López Paz Diego	GGA-5	151
Larson Rebekka	SE10-12	274	López-Quiroz Penélope	RN-30 CARTEL	203
Larson Rebekka	SE10-13	275	López-Quiroz Penélope*	SE04-21	251
Larson Rebekka	SE15-38 CARTEL	302	López-Rivera Juan Antonio	CCA-64 CARTEL	102
Larson Rebekka	SE15-52 CARTEL	304	López-Rivera Juan Antonio*	SE17-10 CARTEL	312
Layer Paul	VUL-8	226	López Saucedo Felipe de Jesus	EG-48 CARTEL	114
Layer Paul	VUL-13	227	López Saucedo Felipe de Jesus	GGA-11 CARTEL	152
Le Gal Patrice	MSG-4	172	López Sillas Dulce Carolina	SE20-4	324
Leal Cuellar Victor Alejandro*	GEOQP-6	162	López Valdés Néstor	VUL-7	225
Ledesma Ledesma Juana Idalia*	SE04-9	248	Louise Maubant*	GEOD-6	126
Lee Sánchez Erika	SE15-19	298	Loza-Aguirre Isidro	GET-21 CARTEL	145
Legrand Denis	SIS-5	212	Loza-Aguirre Isidro	GET-22 CARTEL	145
Legrand Denis	SE12-6	286	Loza-Aguirre Isidro	GET-24 CARTEL	146
León Cruz José Francisco*	CCA-11	92	Loza-Aguirre Isidro	GET-29 CARTEL	147
Leon Ernesto	VUL-18 CARTEL	228	Loza-Aguirre Isidro	GET-30 CARTEL	147
León Guzmán Jacinto	OCC-29	184	Loza-Aguirre Isidro	GET-31 CARTEL	148
León Loya Rodrigo Alejandro	GET-5	140	Loza-Aguirre Isidro	VUL-25 CARTEL	230
Leon Marcos Anisbel	SE05-1	254	Loza Isidro	GET-16	143
Leonardo-Suárez Miguel	SIS-2	212	Lozano García Socorro	SED-7	206
Lerena Martha	SE11-10 CARTEL	282	Lozano Guajardo Sofía Guadalupe*	RN-27 CARTEL	203
Lerma Rodríguez Esmeralda*	RN-28 CARTEL	203	Lozano Santa Cruz Rufino	VUL-8	226
Lermo Javier	SIS-21	216	Lucas Rodríguez Christian	GGA-14 CARTEL	153
Lermo Samaniego Javier Francisco	VUL-10	226	Lucero-Álvarez Jorge	GEOH-15	132
Leung L. Ruby	CCA-10	91	Lucero-Álvarez Jorge	GET-7	141
Levander Alan	SIS-41 CARTEL	220	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-17	165
Levresse Gilles	GEOH-8	130	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-18	165
Levresse Gilles	GET-10	142	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-19	165
Levresse Gilles	GET-12	142	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-20	165
Levresse Gilles	GET-16	143	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-21	165
Levresse Gilles	GET-22 CARTEL	145	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-22	166
Leyva Soto Leydi Jhissel*	GEOD-8	126	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-23	166
Lezama Campos José Luis*	GEOH-14	132	Lucero-Álvarez Jorge	GEOQP-24	166
Lezama Campos José Luis*	GEOH-16	132	Lugo Adolfo*	SE03-3	242

Lugo Ibarra Karina del Carmen	OCE-3	187	Martinez Dyrzo Haydar*	AR-13	80
Luna González Laura*	SE04-16	250	Martinez Dyrzo Haydar*	SE18-5	316
Luna González Mónica Cristell*	RN-29 CARTEL	203	Martinez Dyrzo Haydar*	SE18-10 CARTEL	317
Luna Niño Rosa Beatriz*	SE05-4	254	Martinez Felix Carlos Alberto*	GEOD-5	125
Macay Sandoval Omar de Jesus	EG-34 CARTEL	111	Martinez Felix Carlos Alberto	GEOD-11 CARTEL	127
Macek Miroslav	SE07-8	261	Martínez-Fierros Alejandro	VUL-17 CARTEL	228
Machain-Castillo María Luisa	SE10-8	273	Martínez Flores Guillermo*	SE20-4	324
Machain-Castillo María Luisa*	SE10-11	274	Martinez-Gonzalez Jose A.*	SE19-7	321
Machain-Castillo María Luisa	SE10-12	274	Martínez-Izaguirre Evelin*	GEOPAL-13 CARTEL	158
Machain-Castillo María Luisa	SE10-21	277	Martínez Jardines Luis Gerardo	GEOQP-38 CARTEL	169
Macías-Medrano Sergio	GEOH-12	131	Martínez-Jardínez Luis Gerardo*	GEOQP-33 CARTEL	168
Macías-Medrano Sergio*	SE11-4	280	Martínez Jesus Daniel*	SE04-18	250
Macías-Medrano Sergio	SE17-7	311	Martínez Jiménez Luis Daniel	SIS-10	213
Macías Vazquez Carlos Eduardo*	CCA-57 CARTEL	100	Martínez Jiménez Luis Daniel*	SIS-44 CARTEL	221
Macías Vázquez José Luis	GEOQP-7	162	Martínez José Andrés	SE10-16	276
Macías Vázquez José Luis	RN-2	197	Martínez José Andrés	SE10-25 CARTEL	278
Macías Vázquez José Luis	VUL-4	224	Martínez López Benjamín*	CCA-19	93
Macías Vázquez José Luis	VUL-5	225	Martínez López Benjamín	CCA-33	96
Macías Vázquez José Luis	VUL-13	227	Martínez López Benjamín	SE05-7	255
Macías Vázquez José Luis	VUL-15	227	Martínez López Benjamín*	SE20-5	324
Macías Vázquez José Luis	VUL-26 CARTEL	230	Martínez Luna Edgar*	CCA-62 CARTEL	101
Macías Vázquez José Luis	VUL-28 CARTEL	230	Martínez Marlemys*	SE03-4	242
Maciel Flores Roberto	SE11-10 CARTEL	282	Martínez Marlemys*	SE03-5	243
Madrid Amao Silvia*	SE22-1 CARTEL	328	Martínez Mirón Yleana Claudia	CCA-62 CARTEL	101
Madrigal Gómez José Manuel	SE02-13	238	Martínez Mirón Yleana Claudia	MSG-24 CARTEL	176
Magaldi Hermsillo Adolfo	CCA-28	95	Martínez Mirón Yleana Claudia	MSG-25 CARTEL	176
Magar Vanesa*	SE06-3	257	Martínez Mirón Yleana Claudia	VUL-23 CARTEL	229
Magar Vanesa	SE06-4	257	Martínez Mirón Yleana Claudia*	SE04-25 CARTEL	252
Magar Vanesa	SE06-7	258	Martínez Mirón Yleana Claudia	SE11-1	280
Magar Vanesa*	SE06-8	258	Martínez Oscar	GEOPAL-3	156
Magar Vanesa	SE06-9 CARTEL	258	Martínez Ramírez Rubén Dario*	SE04-5	247
Magdaleno Moncayo Dante	SE15-29	300	Martinez Resendiz Emma Vanesa	GET-16	143
Maggi Alessia	SIS-39 CARTEL	220	Martínez Resendiz Emma Vanesa*	GET-23 CARTEL	145
Mahgoub Ahmed Nasser	GEOPAL-12 CARTEL	158	Martínez Retama Silvia*	EG-24	109
Mahgoub Ahmed Nasser	GEOPAL-15 CARTEL	159	Martínez Reyes José*	EG-12	107
Mahlknecht Jurguen	GEOH-4	129	Martínez Reyes José*	VUL-27 CARTEL	230
Maldonado Blanca*	SE09-4	268	Martínez Reyes José	SE09-1	268
Maldonado Lua Tanny*	EG-6	106	Martínez Reyes José	SE09-11 CARTEL	270
Maldonado Roberto	GEOQP-9	163	Martínez Reyes Juventino*	GET-20 CARTEL	145
Mancera-Alejandro Javier	GEOH-12	131	Martinez Reyes Juventino	GGA-16 CARTEL	153
Mancera-Alejandro Javier	SE11-4	280	Martinez Reyes Juventino	SED-11 CARTEL	207
Mancera-Alejandro Javier*	SE17-7	311	Martínez Rodríguez Flor Sarahi	GP-2 CARTEL	137
Manea Vlad Constantin	MSG-17 CARTEL	174	Martínez Ruiz Teresa Monserrat*	MSG-21 CARTEL	175
Mantilla Julián*	EG-10	106	Martínez Serrano Ibiza*	OCC-7	179
Manuel Viveros German Alexis*	AR-3	78	Martínez Suarez Adrian	SE10-12	274
Manzo Garrido Maribel*	GGA-15 CARTEL	153	Martínez-Suarez Adrian	SE15-52 CARTEL	304
Marc de Plaen Raphael Serge	RN-25 CARTEL	202	Martínez Trinidad Sergio	GGA-4	150
Mariano-Matías Manuel	SE15-30	300	Martínez-Urtaza Jaime	SE18-14 CARTEL	318
Marie-Pierre Doin	GEOD-6	126	Martínez Valdés Ivonne*	VUL-14	227
Marín Celestino Ana Elizabeth*	GEOH-1	129	Martínez Valdés Ivonne	VUL-17 CARTEL	228
Marín Emilia	SE20-11 CARTEL	325	Martínez-Velarde María Fernanda	GEOQP-37 CARTEL	169
Marín Maldonado Sara Leticia	MSG-19 CARTEL	175	Martínez-Velarde María Fernanda*	PALEO-14 CARTEL	195
Mariño Tapia Ismael	OCC-8	179	Martínez-Yrizar Diana	AR-16	81
Mariño Tapia Ismael	OCC-11	180	Martini Michelangelo	SED-2	205
Mariño Tapia Ismael	OCC-12	180	Marván Fernando	OCC-4	178
Mariño Tapia Ismael	OCC-22	182	Marx Stefan	SE08-11 CARTEL	265
Mariño Tapia Ismael	OCC-27	183	Marzo-Pérez Diana	SE10-10	274
Mariño Tapia Ismael	OCE-6	188	Mas Erick	SE12-23	290
Mariño Tapia Ismael*	OCE-10	189	Maslo Aljaz	SE10-2	272
Mariño Tapia Ismael	OCE-11	189	Maslo Aljaz*	SE10-24 CARTEL	278
Mariño Tapia Ismael	SE15-21	298	Mastache Román Edgar Agustin	EG-33 CARTEL	111
Márquez Herrera Ciro Eliseo	GGA-12 CARTEL	152	Mastache Román Edgar Agustin	EG-60 CARTEL	117
Márquez Isabel	SE13-4	292	Mastache Román Edgar Agustin	GET-13	143
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-20	216	Mateos Farfán Efraín	OCC-31 CARTEL	184
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-27	217	Mateos Farfán Efraín*	SE06-1	257
Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-51 CARTEL	222	Mateos Farfán Efraín	SE06-2	257
Márquez Ramírez Víctor Hugo	VUL-14	227	Mateos Farfán Efraín	SE06-10 CARTEL	258
Márquez Ramírez Víctor Hugo*	VUL-17 CARTEL	228	Mathilde Radiguet*	GEOD-3	125
Martín Atienza Beatriz	OCE-3	187	Mathilde Radiguet	GEOD-6	126
Martín Atienza Beatriz	OCE-16 CARTEL	190	Matías Pérez Víctor	GP-1 CARTEL	137
Martín Barajas Arturo	EG-3	105	Matías Pérez Víctor*	GP-4 CARTEL	137
Martín Barajas Arturo	EG-33 CARTEL	111	Mattioli Glen	GEOD-1	125
Martín Barajas Arturo*	GET-13	143	Matus Tania	CS-2 CARTEL	86
Martín Quijano Jorge Ángel*	SE01-5	232	Maubant Louise	GEOD-3	125
Martínez Abarca Luis Rodrigo*	SED-7	206	Maya Magaña María Eugenia	SE20-1	324
Martínez Abarca Luis Rodrigo*	SE04-1	247	Mayo Crispín Jassiel	RN-3	197
Martínez Alan J.*	SE03-6	243	Mayor Yandy G.	CCA-13	92
Martínez Alcalá José Antonio	OCE-3	187	Mayorga Tellez Alberto*	GEOH-27 CARTEL	134
Martínez Alcalá José Antonio	OCE-16 CARTEL	190	McClung Heumann Emily	AR-15	81
Martínez Bravo Oscar	SE03-12 CARTEL	244	McClung Heumann Emily*	AR-16	81
Martínez Calixto Oscar*	GEOPAL-11 CARTEL	158	McEntee Christine*	SE23-2	330
Martínez Castro Daniel*	SE05-1	254	Medina-Angel Gustavo	FE-16	121
Martínez-Castro Daniel	SE05-2	254	Medina Barrera Francisco	RN-27 CARTEL	203
Martínez Chavarria Fátima*	EG-53 CARTEL	115	Medina-Euan Daniela	SE10-25 CARTEL	278
Martínez Domínguez Yadira Margarita*	CCA-26	94	Medina Gómez Israel	OCC-10	179

Medina Gómez Israel	OCC-11	180	Mireles Arellano Fernando	SE03-10 CARTEL	244
Medina Gómez Israel	SE10-16	276	Mireles Soria Diana Laura*	SE17-4	310
Medina Gómez Israel	SE10-25 CARTEL	278	Miron Philippe	SE10-2	272
Medina Gonzales Roger	SE18-5	316	Miron Philippe	SE15-45 CARTEL	303
Medina Ortega Priscila	GEOH-9	131	Misra Vasubandhu*	SE05-3	254
Medina Peña Raúl	SE15-43 CARTEL	302	Mitrani Viggiano Alejandro	GEOQP-16	164
Medina Romero Erik*	GET-12	142	Miyashita Takuya	SE12-21	289
Medina-Rosas Pedro	SE20-9 CARTEL	325	Miyashita Takuya	SE12-23	290
Medrano Elise Anaís	GEOD-9 CARTEL	126	Miyazawa Masatoshi*	SE12-5	285
Medrano Jaimes Hernan Favio*	SE15-28	300	Miyazawa Masatoshi	SE12-7	286
Mei Hongcheng	SE02-18 CARTEL	239	Mizuno Naoto	SE12-3	285
Meillon Octavio	SE17-6	311	Moita José Henrique Almeida Moita*	SE02-17 CARTEL	239
Meillon Octavio*	SE17-15 CARTEL	313	Molina Carlos Martín	SE02-11	238
Mejía Ambriz Julio César	FE-4	119	Molina Carlos Martín*	SE02-15	238
Mejía Ambriz Julio César	FE-6	119	Molina Carmona Nayell*	EG-32 CARTEL	111
Mejía Ambriz Julio César*	FE-12	120	Molina Espinoza Lázaro	GP-1 CARTEL	137
Mejía Ambriz Julio César	FE-13	121	Molina Garcia Cristian Enrique*	EG-46 CARTEL	114
Mejía Ambriz Julio César	FE-23 CARTEL	122	Molina Garza Roberto	EG-39 CARTEL	112
Mejía Ambriz Julio César	FE-24 CARTEL	122	Molina Garza Roberto	GEOPAL-2	156
Mejía Ambriz Julio César	FE-25 CARTEL	122	Molina Garza Roberto	GEOPAL-7	157
Mejía-Cisneros Nohemí	SE11-12 CARTEL	282	Molina-López Abelardo Emmanuel*	GEOQP-24	166
Mejía Luna Isabel	SE04-27 CARTEL	252	Monge Cerda Fabián*	EG-26 CARTEL	110
Mejía Pérez José Alfredo	MSG-24 CARTEL	176	Monreal Gómez María Adela	SE10-3	272
Mejía Pérez José Alfredo	MSG-25 CARTEL	176	Monreal Jiménez Rosalinda*	OCC-19	181
Mejía Pérez José Alfredo	VUL-23 CARTEL	229	Monreal Jiménez Rosalinda	SE10-3	272
Mejía Pérez José Alfredo	SE11-1	280	Monsivais Durón Denisse Alejandra	GET-8	141
Mejía Piña Karla Gabriela	SE15-5	295	Monsiváis Huertero Alejandro	VUL-21 CARTEL	229
Mejía Trejo Adán*	OCC-4	178	Montagna Paul	SE10-1	272
Mejía Trejo Adán	SE16-8	308	Montalvo Arrieta Juan Carlos	EG-4	105
Meléndez Arvizu Luis José	MSG-25 CARTEL	176	Montalvo Arrieta Juan Carlos	GP-3 CARTEL	137
Meléndez Arvizu Luis José*	SE11-13 CARTEL	282	Montalvo Arrieta Juan Carlos*	SIS-2	212
Meléndez-López Adriana	SE04-27 CARTEL	252	Montalvo Arrieta Juan Carlos	SIS-36 CARTEL	219
Melgar Diego	SE12-22	289	Montalvo Arrieta Juan Carlos	SIS-44 CARTEL	221
Melgar Diego	SE12-25 CARTEL	290	Montalvo Arrieta Juan Carlos	SIS-45 CARTEL	221
Melgarejo Morales Angela	GEOD-5	125	Montejo Daniela*	GEOH-25 CARTEL	134
Melgarejo Morales Angela*	GEOD-11 CARTEL	127	Monterde Andrade Fernando*	FE-9	120
Mellink Eric	SE17-14 CARTEL	313	Monterde Gutiérrez Daniela Irais*	CCA-61 CARTEL	101
Melo Vander	SE02-4	236	Montero Martínez Guillermo	CCA-7	91
Mencin Dave	GEOD-1	125	Montero Martínez Guillermo*	CCA-8	91
Méndez Bedolla Hugo	FE-3	119	Montero Martínez Guillermo	CCA-9	91
Méndez Bedolla Hugo	FE-4	119	Montes Aréchiga Jorge Manuel*	SE07-10	261
Méndez Pérez Matías	SE05-8	255	Montes Ivonne	SE15-20	298
Mendiola López Fabiola	GEOPAL-9 CARTEL	157	Montiel Lopez María Magdalena	SE01-3	232
Mendiola López Fabiola	VUL-5	225	Montiel Lopez María Magdalena*	SE01-9	233
Mendiola López Fabiola	VUL-22 CARTEL	229	Montoya Ochoa Viridiana Berenice*	VUL-24 CARTEL	229
Mendiola López Fabiola*	VUL-28 CARTEL	230	Montoya Pérez Miguel Ángel	GEOQP-16	164
Mendoza-Borunda Ramón	EG-33 CARTEL	111	Montoya Quintanar Edgar	SIS-10	213
Mendoza Cervantes Keren*	EG-45 CARTEL	114	Monzón César Octavio	OCC-5	178
Mendoza Ernesto Tonatihu	OCC-36 CARTEL	185	Monzón César Octavio	SE07-11	261
Mendoza Garcilazo Luis Humberto	SE11-3	280	Moore Andrew M.	SE15-3	295
Mendoza Martínez Juan	OCC-11	180	Mora Lucy	SE20-7	325
Mendoza Ponce Avith del Refugio	GET-5	140	Mora Palomino Lucy Natividad	RN-4	197
Meneses Delgado Luis Enrique*	EG-23	109	Mora Ramírez Marco Antonio	CCA-62 CARTEL	101
Meneses Delgado Luis Enrique*	GEOQP-34 CARTEL	169	Mora Rojas Gabriela	CCA-60 CARTEL	101
Mentzer Susan M.	AR-13	80	Moragas Natalia	AR-20	82
Meraz Miriam*	AR-12	80	Moraila Valenzuela Carlos Ramon*	GEOD-2	125
Mercado-Santana Alfredo*	SE15-30	300	Morales Acoltzi Tomás	CCA-65 CARTEL	102
Merino Virgilio Fany	OCC-8	179	Morales-Acoltzi Tomás	SE03-4	242
Mesino Hernández Juan Carlos	SE04-13	249	Morales-Acoltzi Tomás	SE03-5	243
Metcalfe Sarah E.	SE18-5	316	Morales-Arredondo José Iván	GEOH-3	129
Metcalfe Sarah E.	SE18-10 CARTEL	317	Morales Arredondo José Iván*	GEOH-6	130
Meunier Thomas	SE15-22	299	Morales Arredondo José Iván	GEOH-21 CARTEL	133
Meza Carreto Jaime*	SE06-5	257	Morales Arredondo José Iván	GEOQP-32 CARTEL	168
Meza Carreto Jaime	SE15-9	296	Morales-Barrera Wendy	VUL-8	226
Meza Carreto Jaime	SE15-10	296	Morales Barrera Wendy Vanesa*	SE12-20	289
Meza Carreto Jaime	SE15-46 CARTEL	303	Morales Casique Eric*	GEOH-9	131
Meza Gastelum Marco Antonio	GEOH-11	131	Morales Casique Eric	GEOH-14	132
Meza Landero Hiram Abif*	CCA-46 CARTEL	98	Morales Casique Eric	GEOH-16	132
Meza Padilla Rafael	OCC-25	183	Morales-Casique Eric*	MSG-14	174
Milacatl Morales Miguel Eli	MSG-25 CARTEL	176	Morales-Gámez Miguel	GET-19 CARTEL	144
Millán Almaraz Jesús Roberto	GEOD-5	125	Morales-Gámez Miguel	GEOQP-5	162
Millán Almaraz Jesús Roberto	GEOD-11 CARTEL	127	Morales García Sandra Soledad	GGA-3	150
Millán Cecilia	SE20-13 CARTEL	325	Morales García Sandra Soledad	OCE-2	187
Millán Eduardo*	SE15-33 CARTEL	301	Morales-Hernández Julio César	CCA-54 CARTEL	100
Millán Motolinía María del Carmen*	SE08-5	264	Morales Juan	GEOPAL-3	156
Millán Motolinía María del Carmen*	SE08-8	265	Morales Juan	GEOPAL-4	156
Millán Motolinía María del Carmen	SE10-14	275	Morales Juan	GEOPAL-5	157
Miller Christopher E.	AR-13	80	Morales Juan	GEOPAL-6	157
Mirabal-Gómez Uriel	SE15-30	300	Morales Juan	GEOPAL-9 CARTEL	157
Miranda-Avilés Raul	GEOQP-36 CARTEL	169	Morales Juan	GEOPAL-10 CARTEL	158
Miranda-Avilés Raul*	SED-11 CARTEL	207	Morales Juan	GEOPAL-11 CARTEL	158
Miranda-Avilés Raul	VUL-25 CARTEL	230	Morales Juan	SE09-2	268
Miranda Javier	GGA-13 CARTEL	153	Morales Juan	SE09-3	268
Miranda Luis E.	OCE-4	187	Morales Juan*	SE09-6	269
Mirchi Ali	GEOH-28 CARTEL	134	Morales Juan	SE09-7 CARTEL	269

Morales Juan	SE09-8 CARTEL	269	Naranjo Garcia Edna	SE18-5	316
Morales Juan	SE09-9 CARTEL	269	Naranjo Ortiz Denice A	SE15-19	298
Morales Juan	SE09-10 CARTEL	270	Nathalie Cotte	GEOD-6	126
Morales Montalvo Sebastián	MSG-25 CARTEL	176	Nava Cinthya	SE15-48 CARTEL	303
Morales Mora Jacqueline*	EG-13	107	Nava-Fernández Xinantecatli Antonio	SE10-11	274
Morales-Ojeda Sara	SE10-16	276	Nava Flores Mauricio*	SE19-3	320
Morales-Ojeda Sara	SE10-25 CARTEL	278	Nava Pichardo Fidencio Alejandro*	SIS-3	212
Morales Ojeda Sara María*	OCC-11	180	Nava Pichardo Fidencio Alejandro	SIS-4	212
Morales Pérez Rubén Antelmo	SE20-4	324	Nava Pichardo Fidencio Alejandro	SIS-27	217
Morales-Rodríguez Hipólito Lorenzo	RN-9	199	Nava Pichardo Fidencio Alejandro	SIS-29	218
Morales Rubén	OCC-4	178	Nava-Ruiz Viridiana M.	SE10-25 CARTEL	278
Morales Rubén*	SE20-13 CARTEL	325	Nava Sanchez Enrique	GEOQP-36 CARTEL	169
Morales Tomas	SE03-6	243	Nava-Sanchez Enrique H.*	CCA-48 CARTEL	99
Morales Tomas	SE03-7	243	Negron-Mendoza Alicia*	SE04-27 CARTEL	252
Morán-Ramírez Janete*	GEOH-3	129	Nemeth Karoly	VUL-25 CARTEL	230
Morán-Ramírez Janete	GEOH-4	129	Neria-Castillo Mercedes	SE03-4	242
Morán Ramírez Janete	GEOH-5	129	Nerio Rocha Jesus*	EG-48 CARTEL	114
Morán Zenteno Dante Jaime*	GET-14	143	Nerio Rocha Jesus*	GGA-11 CARTEL	152
Morán Zenteno Dante Jaime	SE04-16	250	Neuman Shlomo P.	MSG-14	174
Moreles Vázquez Luis Efraín	OCC-33 CARTEL	184	Newton Bosch Bertha Jania*	FE-2	119
Moreles Vázquez Luis Efraín	SE06-5	257	Nieblas Piquero Juan Manuel*	SE15-11	296
Moreles Vázquez Luis Efraín*	SE15-6	295	Nieto Esquivel Serapio	SE09-11 CARTEL	270
Moreles Vázquez Luis Efraín	SE15-7	296	Nieto Ostiguín Tania Vanessa*	OCE-17 CARTEL	190
Moreles Vázquez Luis Efraín	SE15-36 CARTEL	301	Nieto Raquel	CCA-18	93
Moreles Vázquez Miguel Ángel	MSG-3	172	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-9	142
Moreno Enrique	SED-20 CARTEL	209	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-10	142
Moreno Nava Ignacio	EG-12	107	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-12	142
Moreno Nava Ignacio	VUL-27 CARTEL	230	Nieto Samaniego Ángel Francisco	GET-21 CARTEL	145
Moreno Nava Ignacio*	SE09-1	268	Nieto Samaniego Ángel Francisco	SE04-13	249
Moreno Nava Ignacio*	SE09-11 CARTEL	270	Nishijima Kazuyoshi	SE12-24	290
Moreno Roso Sol de Jesús*	RN-4	197	Nishimura Takuya	SE12-10	287
Moreno-Sabido Mario Renán	CCA-51 CARTEL	99	Nishimura Takuya	SE12-11	287
Morey Steven L.	SE15-39 CARTEL	302	Niu Fenglin	SIS-41 CARTEL	220
Morgado Carmona Luis Alberto	SE04-25 CARTEL	252	Nogueira Juliana	SE18-8	316
Mori Nobuhito	SE12-1	285	Novelo Casanova David Alberto	CCA-3	90
Mori Nobuhito	SE12-21	289	Novelo Casanova David Alberto	RN-9	199
Mortera Gutiérrez Carlos Angel	SIS-1	212	Novelo Casanova David Alberto	RN-11	199
Mortera Gutiérrez Carlos Angel	SE08-2	264	Novelo Casanova David Alberto	RN-12	199
Mortera Gutiérrez Carlos Angel	SE08-5	264	Novelo Casanova David Alberto	RN-16	200
Mortera Gutiérrez Carlos Angel	SE08-8	265	Novelo Casanova David Alberto	RN-17	201
Mortera Gutiérrez Carlos Angel*	SE10-14	275	Novelo Casanova David Alberto	RN-19	201
Mortera Gutiérrez Carlos Angel	SE12-8	286	Novelo Casanova David Alberto	RN-21	201
Morton Bermea Ofelia	CS-3 CARTEL	86	Novelo Casanova David Alberto*	RN-22	202
Morton Bermea Ofelia	GGA-2	150	Novelo Casanova David Alberto	SE12-1	285
Moulin Aimie	OCE-13	189	Novelo Casanova David Alberto	SE12-24	290
Moulin Aimie*	SE15-13	297	Núñez-Cornú Francisco J.	SIS-13	214
Moulin Aimie	SE15-18	298	Núñez Cornú Francisco Javier	EG-43 CARTEL	113
Moya Álvarez Aldo Saturnino	SE05-1	254	Núñez Cornú Francisco Javier	RN-7	198
Moya Álvarez Aldo Saturnino*	SE05-2	254	Núñez Cornú Francisco Javier	RN-20	201
Mújica Santillán Mariana Sofía*	CS-3 CARTEL	86	Núñez Cornú Francisco Javier	RN-25 CARTEL	202
Munguía Daniela*	SE15-27	299	Núñez Cornú Francisco Javier	SED-18 CARTEL	209
Muñoz Anderson Mauricio	SE15-19	298	Núñez Cornú Francisco Javier*	SIS-1	212
Muñoz Eddie	GET-14	143	Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-7	213
Muñoz García María Fernanda*	GGA-9 CARTEL	152	Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-12	214
Muñoz Ignacio*	GEOH-32 CARTEL	135	Núñez Cornú Francisco Javier	SIS-42 CARTEL	220
Muñoz Máximo Ignacio	AR-7	79	Núñez Cornú Francisco Javier	VUL-18 CARTEL	228
Muñoz Máximo Ignacio	EG-23	109	Núñez Diana	SIS-1	212
Muñoz Máximo Ignacio	EG-51 CARTEL	115	Núñez Diana	SIS-7	213
Muñoz Máximo Ignacio	EG-58 CARTEL	116	Núñez Diana	SIS-12	214
Muñoz Máximo Ignacio	GEOH-24 CARTEL	134	Núñez Diana*	SIS-13	214
Muñoz Máximo Ignacio	GEOH-29 CARTEL	135	Núñez Escribano Diana	EG-43 CARTEL	113
Muñoz Máximo Ignacio	GEOH-30 CARTEL	135	Núñez Escribano Diana	VUL-18 CARTEL	228
Muñoz Máximo Ignacio	GEOH-31 CARTEL	135	Núñez Leal M. Alejandra*	SE11-3	280
Muñoz Máximo Ignacio	GGA-6	151	Núñez Leal M. Alejandra	SE16-8	308
Muñoz Máximo Ignacio	GGA-19 CARTEL	154	Núñez-Silvar David E.	GET-21 CARTEL	145
Muñoz Máximo Ignacio	GGA-20 CARTEL	154	Núñez-Useche Fernando	PALEO-10 CARTEL	194
Muñoz Máximo Ignacio*	GEOQP-11	163	Núñez Useche Fernando	SE18-6	316
Muñoz Máximo Ignacio	GEOQP-29 CARTEL	167	Obeso Cortez Griselda Janeth*	GEOH-22 CARTEL	133
Muñoz Máximo Ignacio	GEOQP-34 CARTEL	169	Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-3	178
Muñoz Máximo Ignacio	RN-6	198	Obeso-Nieblas Maclovio	OCC-16	181
Muñoz Máximo Ignacio	RN-23	202	Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-30 CARTEL	184
Muñoz Máximo Ignacio	SED-17 CARTEL	209	Obeso-Nieblas Maclovio	OCC-37 CARTEL	185
Muñoz Zavala Ángel Eduardo	GEOH-13	132	Ocampo Torres Francisco J.*	OCC-24	183
Murad Serrano José Paul	OCE-11	189	Ocampo Torres Francisco J.	OCC-28	183
Murawski Steven*	SE10-1	272	Ocampo Torres Francisco J.	OCC-29	184
Murawski Steven	SE10-10	274	Ocampo Torres Francisco J.	OCC-38 CARTEL	185
Murawski Steven	SE10-13	275	Ocampo Torres Francisco J.	SE15-13	297
Murawski Steven	SE10-20	277	Ocampo Torres Francisco J.	SE15-16	297
Murawski Steven	SE10-21	277	Ocampo Torres Francisco J.	SE15-18	298
Murillo-Jiménez Janette M.	CCA-48 CARTEL	99	Ochoa Elias Jaqueline	EG-59 CARTEL	116
Muthuswamy Ponniah Jonathan	OCE-2	187	Ochoa José	SE15-22	299
Muzquiz Esquivel Frida Mariana*	GGA-17 CARTEL	154	Ochoa José Luis	OCE-12	189
Nakaegawa Tosiuyuki	SE03-4	242	Ochoa Martínez Carolina Andrea	OCC-7	179
Nakano Genta	SE12-1	285	Ochoa Moya Carlos Abraham	CCA-12	92
Nakano Genta*	SE12-23	290	Ochoa Moya Carlos Abraham	CCA-14	92

Ochoa Moya Carlos Abraham*	CCA-39 CARTEL	97	Osorio Santiago Erick	SE01-2	232
Ochoa Moya Carlos Abraham*	CCA-59 CARTEL	101	Osorio Santiago Erick	SE01-5	232
Ochoa Moya Carlos Abraham	SE05-6	255	Osorio Santiago Erick	SE01-7	233
Ochoa-Rosado Román	SE10-16	276	Osorio Santiago Erick	SE01-8	233
Ochoa-Rosado Román	SE10-25 CARTEL	278	Osorio Santiago Erick	SE01-10	233
Ochoa de la Torre José Luis	OCE-14	189	Osorio Santiago Erick	SE01-11	233
Oerder Vera	OCC-1	178	Osorio Santiago Erick	SE01-13 CARTEL	234
Ojeda Elena	OCC-36 CARTEL	185	Osorio Santiago Erick	SE01-14 CARTEL	234
Okolodkov Yuri	SE10-16	276	Osorio Tai Ma. Elena	SE12-13	287
Olascoaga María Josefina	SE10-2	272	Osorio Tai Ma. Elena	SE12-14	287
Olascoaga María Josefina	SE10-15	275	Osorio Tai Ma. Elena	SE15-9	296
Olascoaga María Josefina	SE15-45 CARTEL	303	Osorio Tai Ma. Elena	SE15-10	296
Olascoaga María Josefina*	SE20-12 CARTEL	325	Osorio Tai Ma. Elena	SE15-40 CARTEL	302
Olay Ángeles	SE09-10 CARTEL	270	Osorio Tai Ma. Elena*	SE15-41 CARTEL	302
Olaya Frank Claudio*	OCC-1	178	Osorio Tai Ma. Elena	SE15-42 CARTEL	302
Oldenburg Thomas	SE10-20	277	Osorio Tai Ma. Elena	SE15-46 CARTEL	303
Oliva Zavala Monica*	GP-3 CARTEL	137	Osorno-Covarrubias Francisco Javier	SE04-21	251
Olivares Casillas Gustavo*	SE18-11 CARTEL	317	Osuna Pedro	OCC-24	183
Olivares Pedro	EG-50 CARTEL	115	Osuna Pedro	OCE-13	189
Olivos-Ortiz Aramis*	OCC-9	179	Osuna Pedro	SE15-13	297
Olmedo Velázquez Paola Anahí*	RN-19	201	Osuna Pedro*	SE15-18	298
Olmos Moya Paulina*	GET-10	142	Otero Francisco	SE20-7	325
Olvera Cortés Moisés	SIS-20	216	Ovando-Shelley Efrain	SE19-7	321
Olvera Prado Erick Raúl	SE15-6	295	Overholt Will	SE10-12	274
Olvera Prado Erick Raúl*	SE15-7	296	Oviedo-García Angélica	GEOQP-23	166
Olvera Prado Erick Raúl	SE15-36 CARTEL	301	Oyorzabal Elsie Giovanna	SE17-14 CARTEL	313
Olvera Prado Erick Raúl*	SE15-39 CARTEL	302	O'Brien Travis A.	CCA-10	91
Orange Daniel	SE08-7	265	O'Malley Bryan	SE10-12	274
Orazi Massimo	SE16-4	307	Pacchiano Mario	MSG-18 CARTEL	175
Ordaz Mario	SE12-16	288	Pacheco Castro Roger*	GEOH-2	129
Ordoñez Paulina	CCA-18	93	Pacheco Josan Edgardo	FE-5	119
Ordoñez Sánchez Alejandro	CCA-32	96	Pacheco Pedro Martín	GGA-7	151
Orihuela López Osvaldo	AR-11	80	Pacheco Roger	GEOH-20 CARTEL	133
Oropeza Alfaro Pavel Ernesto	SE15-43 CARTEL	302	Pacheco Romero Martin	EG-33 CARTEL	111
Oropeza Alfaro Pavel Ernesto	SE15-46 CARTEL	303	Pacheco Romero Martin	GET-13	143
Orozco Esquivel Teresa	GET-16	143	Pacor Francesca	SIS-25	217
Orozco Esquivel Teresa	GET-23 CARTEL	145	Padilla Huerta Jaqueline Areli*	OCC-18	181
Orozco Esquivel Teresa	GEOQP-30 CARTEL	168	Padron Alejandro	MSG-18 CARTEL	175
Orozco Estrada Arturo*	MSG-4	172	Páez-Osuna Federico	SE10-8	273
Orozco-Rodríguez Héctor*	GEOH-15	132	Palacios Emilio*	SE07-5	260
Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel*	CCA-51 CARTEL	99	Palacios-García Norma Betania	SED-3	205
Orozco-del-Castillo Mauricio Gabriel	MSG-12	174	Paladio Hernández Alejandro	GEOH-2	129
Ortega-Cabrera Verónica	SE19-11 CARTEL	321	Palafox González Abel*	MSG-3	172
Ortega Cervantes Carolina*	SED-16 CARTEL	208	Palafox González Abel	MSG-6	172
Ortega-Gaucin David	CCA-2	90	Palafox González Abel	MSG-7	173
Ortega-Gaucin David*	CCA-32	96	Palafox Juan Jose*	PALEO-2	192
Ortega Guerrero Beatriz	SED-7	206	Palenik Skip*	SE02-3	236
Ortega Guerrero Marcos Adrián*	SE11-6	281	Pallás-Sanz Enric	SE15-22	299
Ortega Gutiérrez Fernando	SE04-16	250	Pallás-Sanz Enric	SE15-44 CARTEL	303
Ortega Nieto Alejandro	SE18-1	315	Palma Pérez Karla Elba*	SED-21 CARTEL	209
Ortega-Obregón Carlos	GET-6	141	Palomeque-Jiménez Jocelin	SIS-40 CARTEL	220
Ortega Obregón Carlos	GEOQP-10	163	Palomeque-Jiménez Jocelin	SE11-12 CARTEL	282
Ortega Salinas Alonso	VUL-16	228	Pant Mohan	SIS-26	217
Ortega-Tenorio Luz Patricia	SE15-34 CARTEL	301	Pantoja González Diego Armando*	SE07-2	260
Ortinez-Alvarez Abraham	CCA-23	94	Pantoja González Diego Armando	SE07-3	260
Ortiz Agustín*	AR-20	82	Pantoja González Diego Armando	SE07-4	260
Ortiz Agustín	AR-23	83	Pantoja González Diego Armando	SE07-9	261
Ortiz Aleman Carlos*	MSG-13	174	Pantoja González Diego Armando	SE07-10	261
Ortiz-Alemán José Carlos	MSG-12	174	Pantoja Matamoros Luz del Carmen*	EG-41 CARTEL	113
Ortiz-Bañuelos Alma Delia*	OCC-5	178	Pantoja Matamoros Luz del Carmen*	MSG-11	173
Ortiz Butrón Agustín	AR-6	79	Pantoja Ortiz Samantha*	SE15-43 CARTEL	302
Ortiz Figueroa Modesto	OCC-17	181	Paredes-Arriaga Alejandro*	GEOPAL-17 CARTEL	159
Ortiz Gómez Leidy	GEOPAL-2	156	Paredes-Arriaga Alejandro	GEOQP-37 CARTEL	169
Ortiz Huerta Laura Gabriela*	OCC-17	181	Paredes-Arriaga Alejandro	PALEO-14 CARTEL	195
Ortiz Modesto	RN-20	201	Paredes Miranda Guadalupe	CCA-24	94
Ortiz-Osio Manuel	EG-19	108	Parés Sierra Alejandro	SE15-15	297
Ortiz Osio Manuel	SE19-2	320	Parés Sierra Alejandro	SE15-23	299
Ortiz Rodríguez Azalea	GGA-4	150	Paris Claire	SE10-20	277
Ortiz Ruiz María Soledad*	AR-8	79	Parra Ana María	SE02-11	238
Ortiz Ruiz Soledad	AR-9	79	Parra Denys	EG-28 CARTEL	110
Ortiz Ruiz Soledad	SE09-8 CARTEL	269	Parra Guevara David	SE03-2	242
Ortiz Soriano Agustina	EG-12	107	Parra Guevara David*	SE03-16 CARTEL	245
Ortiz Soriano Agustina	VUL-27 CARTEL	230	Pascual Fermin	SE07-1	260
Ortiz Soriano Agustina	SE09-1	268	Patiño Suárez Victoria	SE10-26 CARTEL	278
Ortiz Soriano Agustina	SE09-11 CARTEL	270	Patterson III William	SE10-1	272
Ortiz Zamora Violeta	GET-14	143	Patterson III William	SE10-13	275
Oseguera Luis	SE07-6	260	Pavón Moreno Julio Alberto	RN-29 CARTEL	203
Oseguera Luis*	SE07-7	261	Payne Ashley E.	CCA-10	91
Oseguera Luis	SE07-8	261	Paz Moreno Francisco	GEOPAL-15 CARTEL	159
Osorio Afanador Diego Alberto*	GEOPAL-7	157	Paz Moreno Francisco	GEOPAL-16 CARTEL	159
Osorio Alcudia Ligni Anahi	EG-42 CARTEL	113	Paz Moreno Francisco	VUL-6	225
Osorio Erick*	SE01-12	234	Pazos Marni*	CCA-16	93
Osorio Erick*	SE01-15 CARTEL	234	Pecci Alessandra	AR-20	82
Osorio Moreno Ileana	OCC-8	179	Pech Daniel	SE10-16	276
Osorio Rodríguez María Guadalupe	EG-32 CARTEL	111	Pech Daniel	SE10-25 CARTEL	278

Pedraza Díaz Angélica*	SE15-35 CARTEL	301	Pérez-Pérez Pablo Francisco	FE-14	121
Pedraza Díaz Angélica	SE15-36 CARTEL	301	Pérez Pérez Pablo Francisco	GET-18 CARTEL	144
Pedraza Díaz Angélica	SE15-43 CARTEL	302	Pérez Pérez Pablo Francisco	SED-11 CARTEL	207
Pedraza Renaud Roberto	SE09-11 CARTEL	270	Pérez Quezadas Juan	GEOH-17 CARTEL	132
Peiffer Loïc	EG-11	107	Perez Tijerina Eduardo	FE-6	119
Pelaez Daniel	OCC-24	183	Perez Vega Juan Antonio	SE15-24	299
Peláez Zapata Daniel	SE15-16	297	Pérez Venzor José Antonio	GEOQP-1	161
Pelcaste Jessica	GEOPAL-9 CARTEL	157	Pérez Venzor José Antonio*	GEOQP-2	161
Peltz Marín Ana	SE09-3	268	Pérez Venzor José Antonio	GEOQP-27 CARTEL	167
Peña-Alonso Tomás	GET-29 CARTEL	147	Pérez Venzor José Antonio	GEOQP-31 CARTEL	168
Peña Guerrero Mariana	GET-27 CARTEL	146	Pérez Venzor José Antonio	SED-4	205
Peña Laura	SE11-10 CARTEL	282	Pérez Venzor José Antonio	SED-8	206
Peña-Maciél Daniel*	SE03-2	242	Pérez Venzor José Antonio	SED-14 CARTEL	208
Peña Rodríguez Daniela*	GEOQP-14	164	Pérez Venzor José Antonio	SED-15 CARTEL	208
Peniche Camps Salvador	SE03-13 CARTEL	244	Pérez Venzor José Antonio	SE22-1 CARTEL	328
Peralta Oscar*	CCA-23	94	Pérez-Venzor Juan de Dios	GET-7	141
Peralta Rosales Oscar	CCA-24	94	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-17	165
Peralta Rosales Oscar	CCA-25	94	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-18	165
Peralta Rosales Oscar	CCA-66 CARTEL	102	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-19	165
Peraza Lope Carlos	AR-9	79	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-20	165
Perdigón Morales Juliet*	CCA-18	93	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-21	165
Perea Contreras Sebastian*	FE-1	119	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-22	166
Peredo Márquez Andrés	GEOPAL-8	157	Pérez-Venzor Juan de Dios	GEOQP-24	166
Pereira Diana	CCA-44 CARTEL	98	Pérez Wendy Guadalupe	SE15-33 CARTEL	301
Pereyra Castro Karla	CCA-49 CARTEL	99	Perez de los Cobos Maria Clara de Lacy	GEOQP-2	125
Pérez Ávila Carmen Adriana*	AR-27 CARTEL	83	Perrin Mireille	GEOPAL-15 CARTEL	159
Pérez Avila Karla*	GEOH-31 CARTEL	135	Perrin Mireille	GEOPAL-16 CARTEL	159
Pérez Avila Karla	SE03-15 CARTEL	245	Perrin Mireille	VUL-7	225
Pérez-Bernal Libia Hascibe	SE10-8	273	Perton Mathieu	EG-6	106
Pérez-Bernal Libia Hascibe	SE10-11	274	Perton Mathieu	SIS-51 CARTEL	222
Pérez Bravo Eduardo	CCA-32	96	Perton Mathieu	SE16-2	307
Pérez Brunius Paula*	SE10-2	272	Peters Recagno Edward	SE04-26 CARTEL	252
Pérez Brunius Paula	SE10-15	275	Peto Esteban Luis Angel*	EG-36 CARTEL	112
Pérez Brunius Paula	SE15-9	296	Peto Esteban Luis Angel	EG-37 CARTEL	112
Pérez Brunius Paula	SE15-44 CARTEL	303	Pi Puig Teresa	SED-19 CARTEL	209
Pérez Brunius Paula	SE15-45 CARTEL	303	Pi Puig Teresa	VUL-1	224
Pérez Brunius Paula	SE15-50 CARTEL	304	Pi Puig Teresa	VUL-2	224
Pérez Burguez Mara Y.	OCE-2	187	Pi Puig Teresa	VUL-3	224
Pérez Calderón Daniel	SE12-8	286	Pilatowsky-Gruner Raiza*	SE04-3	247
Pérez Calderón Daniel Armando	EG-53 CARTEL	115	Pilatowsky-Gruner Raiza	SE04-9	248
Pérez Calderón Daniel Armando	GEOH-21 CARTEL	133	Pilatowsky-Gruner Raiza	SE04-11	249
Pérez Calderón Daniel Armando*	SE08-2	264	Piña-Flores José	SE19-4	320
Pérez Calderón Daniel Armando	SE10-14	275	Piña González Karina Daffné*	SE01-6	233
Pérez-Campos Xyoli	SIS-2	212	Piña-Páez Adriana*	GEOPAL-14 CARTEL	159
Pérez-Campos Xyoli	SIS-6	212	Pinales Munguía Adán	CCA-4	90
Pérez-Campos Xyoli	SIS-8	213	Pinales Munguía Adán*	GEOH-7	130
Pérez-Campos Xyoli	SIS-9	213	Pineda León Roberto	SE15-9	296
Pérez-Campos Xyoli	SIS-10	213	Pineda León Roberto	SE15-10	296
Pérez-Campos Xyoli	SIS-11	214	Pineda León Roberto*	SE15-40 CARTEL	302
Pérez-Campos Xyoli	SIS-37 CARTEL	219	Pineda León Roberto	SE15-41 CARTEL	302
Pérez-Campos Xyoli	SIS-44 CARTEL	221	Pineda León Roberto	SE15-42 CARTEL	302
Pérez-Campos Xyoli	SE11-2	280	Pineda León Roberto	SE15-46 CARTEL	303
Pérez-Campos Xyoli	SE12-16	288	Pineda Martínez Luis Felipe*	CCA-5	90
Pérez-Campos Xyoli	SE13-8	293	Pineda Martínez Luis Felipe	SE05-8	255
Pérez-Cruz Ligia	EG-53 CARTEL	115	Pinzón Reinhardt	SE03-4	242
Pérez-Cruz Ligia	SE18-1	315	Pita Díaz Oscar*	CCA-2	90
Pérez-Cruz Ligia	SE18-2	315	Pita-Sllim Olivia D.*	SIS-8	213
Pérez-Cruz Ligia*	SE18-13 CARTEL	317	Pita-Sllim Olivia D.	SIS-9	213
Pérez-Cruz Ligia	SE18-14 CARTEL	318	Pita de la Paz Carlos	MSG-5	172
Pérez-Cruz Ligia	SE22-5 CARTEL	328	Pittman Randall	OCC-29	184
Perez Eduardo	FE-10	120	Plata Hernández Elvia	SED-4	205
Pérez Escamilla Pilar de Acacia*	GGA-3	150	Plata Hernández Elvia*	SED-8	206
Pérez Espinoza Jesús Efraín	GEOQP-2	167	Plata Hernández Elvia	SED-13 CARTEL	208
Pérez Flores Marco Antonio	EG-13	107	Plata Hernández Elvia	SED-14 CARTEL	208
Pérez Flores Marco Antonio	EG-30 CARTEL	111	Plata Luis	OCE-12	189
Pérez Flores Marco Antonio	EG-41 CARTEL	113	Plata Martínez Raymundo Omar	SE12-2	285
Pérez Flores Marco Antonio	MSG-2	172	Plata Martínez Raymundo Omar*	SE12-3	285
Pérez Flores Marco Antonio	MSG-11	173	Pola Villaseñor Antonio	GGA-7	151
Pérez Flores Miguel*	AR-9	79	Pola Villaseñor Antonio	GGA-10 CARTEL	152
Pérez García Héctor	AR-18	81	Pola Villaseñor Antonio	RN-24	202
Pérez-García José Andrés	SE10-10	274	Poletto Flavio	EG-31 CARTEL	111
Perez Gonzalez Luz Yazmin*	GGA-21 CARTEL	154	Pompa-Mera Valerie	VUL-8	226
Perez Guterrez Rodrigo	VUL-25 CARTEL	230	Ponce Lancho Epifanio	SE03-12 CARTEL	244
Pérez Huesca Rogelio Arturo	SE15-51 CARTEL	304	Ponce Núñez Francisco	SE10-14	275
Pérez Izazaga Eva*	RN-8	198	Ponce Núñez Francisco	SE12-8	286
Perez Jose Enrique*	FE-10	120	Ponce Pacheco Ana Bertha*	RN-17	201
Pérez Lisseth	SE18-12 CARTEL	317	Ponce Pacheco Ana Bertha*	SE12-24	290
Pérez Martínez Ana Laura	SE11-7	281	Porrás Alba Ana Ruth	EG-54 CARTEL	116
Pérez Martínez Patricia*	AR-5	78	Portela Esther	SE15-22	299
Pérez Monzón David*	SE03-12 CARTEL	244	Prado Blanca	SE20-7	325
Pérez Moreno Uriel	GGA-17 CARTEL	154	Prado Víctor	SE07-1	260
Pérez Morga Nancy	OCC-14	180	Prasanajit Naik Sambit	GET-5	140
Perez Orozco Juan Daniel*	GEOQP-7	162	Prieto Cristina*	CCA-66 CARTEL	102
Pérez-Peña Luisa Cristina	SE11-12 CARTEL	282	Prieto Rafael	MSG-18 CARTEL	175
Pérez Pérez Pablo Francisco*	CS-7 CARTEL	87	Principe Claudia	GEOPAL-3	156

Principe Claudia	GEOPAL-11 CARTEL	158	Ramírez Ruiz Jesús Elihú	SIS-11	214
Prol Ledesma Rosa María	GEOQP-13	164	Ramírez Salazar Anthony	SE04-7	248
Puch Hau Carlos Alberto	SE10-17	276	Ramírez Sergio	SIS-13	214
Puch Hau Carlos Alberto	SE10-26 CARTEL	278	Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE17-1	310
Puente-Huerta Jorge*	EG-3	105	Ramírez Serrato Nelly Lucero*	SE17-3	310
Puleo Jack A.	OCC-20	182	Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE17-4	310
Pulgarin Jr Alvaro*	EG-47 CARTEL	114	Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE17-11 CARTEL	312
Pulido Nelson	SE12-18	288	Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE17-13 CARTEL	312
Pulido Nelson	SE12-19	289	Ramon Elvia	SE17-15 CARTEL	313
Pulster Erin L.	SE10-1	272	Ramon Marquez Victor Manuel	SE10-14	275
Pulster Erin L.	SE10-21	277	Ramos Ávila Valente*	SIS-39 CARTEL	220
Putzeys Sebastien*	SE10-16	276	Ramos Ávila Valente	SIS-49 CARTEL	222
Putzeys Sebastien	SE10-25 CARTEL	278	Ramos-Bautista Inés	GEOQP-33 CARTEL	168
Puy Alquiza María Jesus	SED-11 CARTEL	207	Ramos-Bernal Sergio	SE04-27 CARTEL	252
Quintana Rodríguez Nivian	CCA-56 CARTEL	100	Ramos Cruz Jamie Oswaldo	VUL-25 CARTEL	230
Quintanar Arturo	CCA-12	92	Ramos-Fabiel Melbi*	SE18-9 CARTEL	317
Quintanar Arturo	CCA-14	92	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-3	129
Quintanar Arturo	CCA-39 CARTEL	97	Ramos Leal José Alfredo*	GEOH-4	129
Quintanar Arturo	CCA-59 CARTEL	101	Ramos Leal José Alfredo	GEOH-5	129
Quintanar Arturo	CCA-69 CARTEL	103	Ramos-Perez Daniel*	GGA-18 CARTEL	154
Quintanar Arturo	SE05-6	255	Ramos Pérez Omar*	CCA-12	92
Quintanar Luis	SIS-8	213	Ramos Rodríguez Alejandro	CS-8 CARTEL	87
Quintanar Luis	SIS-43 CARTEL	221	Ramos Rodríguez Alejandro	CCA-43 CARTEL	98
Quintanar Robles Luis	RN-15	200	Ramos Rodríguez Alejandro	SED-8	206
Quintanar Robles Luis	SIS-10	213	Ramos Velázquez Ernesto*	RN-3	197
Quintanar Robles Luis	SIS-11	214	Rangel-García Martín	SE10-8	273
Quintanilla Mena Mercedes	SE10-17	276	Rasclé Nicolas	OCC-24	183
Quintanilla Mena Mercedes	SE10-26 CARTEL	278	Rasclé Nicolas*	OCE-13	189
Quintanilla Termino José Gerardo*	SE15-53 CARTEL	304	Rasclé Nicolas	SE15-13	297
Quinteros Cartaya Claudia	RN-25 CARTEL	202	Raupp Alexandre Bacellar	SE02-14	238
Quinteros Cartaya Claudia	SIS-1	212	Raygosa Rubén	SE10-16	276
Quinteros Cartaya Claudia	SIS-7	213	Real Jorge*	SE12-2	285
Quinteros Cartaya Claudia*	SIS-12	214	Real Jorge	SE12-3	285
Quinteros Cartaya Claudia	SIS-13	214	Real Jorge	SE12-11	287
Quinteros Cartaya Claudia	SIS-41 CARTEL	220	Real Jorge	SE12-12	287
Quinteros Cartaya Claudia	SIS-42 CARTEL	220	Real Jorge	SE12-13	287
Quinteros Cartaya Claudia	SIS-47 CARTEL	221	Real Jorge	SE12-14	287
Quinto-Sánchez Mirsha	SE02-6	237	Reaza Villalobos Claudia Alejandra*	CCA-4	90
Quinto-Sánchez Mirsha	SE02-20 CARTEL	240	Rendón Herbert	SIS-41 CARTEL	220
Quirino Leonardo	SE05-8	255	Rendón Valdez Camilo	OCC-35 CARTEL	185
Quiroz Diego	SE19-1	320	Retama Hernández Armando	CCA-26	94
Quiroz-Suárez Diego	SE02-6	237	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOH-15	132
Quiroz-Suárez Diego*	SE02-20 CARTEL	240	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GET-7	141
Quiroz-Suárez Diego*	SE02-21 CARTEL	240	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-17	165
Quispe Selene	EG-28 CARTEL	110	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-18	165
Raga Graciela	CCA-37 CARTEL	97	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-19	165
Raga Graciela	CCA-44 CARTEL	98	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-20	165
Ralph F. Marty	CCA-10	91	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-21	165
Ramírez Ángel Andrés	GGA-7	151	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-22	166
Ramírez Calderón Mónica Guadalupe*	SED-2	205	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso*	GEOQP-23	166
Ramírez Calderón Mónica Guadalupe*	SE04-7	248	Reyes-Cortés Ignacio Alfonso	GEOQP-24	166
Ramírez Carla*	SE04-19	250	Reyes Delfino	SE07-1	260
Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-6	162	Reyes Dulce	PALEO-2	192
Ramírez Fernández Juan Alonso	SED-1	205	Reyes Hernández Cristóbal	OCC-27	183
Ramírez-García Berenice*	SED-3	205	Reyes-Hernández Cristóbal	OCE-5	188
Ramírez Gaytán Alejandro	SE12-8	286	Reyes Herrera Ezequiel Alejandro	OCC-16	181
Ramírez-Gutiérrez José Martín*	SE15-12	297	Reyes Herrera Ezequiel Alejandro	SE04-22	251
Ramírez Guzmán Ángel Andrés	GGA-10 CARTEL	152	Reyes Lezama Marisol	AR-5	78
Ramírez Guzmán Ángel Andrés*	RN-24	202	Reyes Marín Pedro	FE-12	120
Ramírez-Guzmán Leonardo	SIS-2	212	Reyes-Marín Pedro Alberto*	FE-13	121
Ramírez-Guzmán Leonardo	SIS-9	213	Reyes Marquez Emilio	GEOH-27 CARTEL	134
Ramírez Hernández Jorge	SIS-17	215	Reyes Martínez Carlos Simón*	EG-4	105
Ramírez Hernández Jorge	SIS-18	215	Reyes Oscar	OCC-12	180
Ramírez Hernández Jorge	SE16-8	308	Reyes Pimentel Thalia Alfonsina*	RN-18	201
Ramírez-León Hermilo	GEOH-10	131	Reyes Pimentel Thalia Alfonsina	SE16-3	307
Ramírez León Hermilo	OCC-4	178	Reyes Rosales Angélica	OCE-11	189
Ramírez León Mario Rafael	SE10-15	275	Reyes Ruiz Mauricio	FE-20	122
Ramírez López Ana Karen*	CCA-38 CARTEL	97	Reyes Vargas Patricia Siulin*	EG-1	105
Ramírez Manguiar Ana	OCC-25	183	Reynoso Fregoso Santiago*	OCC-13	180
Ramírez Manguiar Ana	SE20-3	324	Reynoso Reynoso Halia Azucena*	SIS-29	218
Ramírez Mendoza José de la Luz*	SE22-4 CARTEL	328	Ricardez Puente Luis Fernando	SIS-15	215
Ramírez Mendoza Zurisaday	SE10-15	275	Ricardez Puente Luis Fernando*	SIS-36 CARTEL	219
Ramírez Monjaraz Marcela	OCC-15	181	Rico Flores Viridiana	EG-56 CARTEL	116
Ramírez Montes Miguel A.	VUL-12	227	Ríos Mata Diana*	MSG-19 CARTEL	175
Ramírez-Ortega Miguel Ángel*	GET-7	141	Ríos Reyes Jesús Eduardo	EG-56 CARTEL	116
Ramírez Pacheco Carlos	FE-7	120	Riquelme Sebastian	SE12-22	289
Ramírez Paola	SE15-26	299	Rivas-Camargo David	OCC-9	179
Ramírez-Peña César Francisco	GET-6	141	Rivas Reyes Isajav*	SE10-26 CARTEL	278
Ramírez Ramírez Javier	OCC-11	180	Rivas Silva Juan Francisco	SE03-15 CARTEL	245
Ramírez Ramos Erik E.*	SIS-17	215	Rivera Hernández Olivia	CCA-26	94
Ramírez Ramos Erik E.*	SIS-18	215	Rivera Lopez Ana Leonor	CCA-64 CARTEL	102
Ramírez Ramos Erik E.*	SE16-8	308	Rivera Lopez Ana Leonor	SE17-10 CARTEL	312
Ramírez Romero María Carolina	CCA-45 CARTEL	98	Rivera Martínez Saulo Leonardo	SE15-9	296
Ramírez Rosío	GEOD-9 CARTEL	126	Rivera Martínez Saulo Leonardo	SE15-10	296
Ramírez Ruiz Jesús Elihú	SIS-10	213	Rivera Martínez Saulo Leonardo	SE15-40 CARTEL	302

Rivera Martínez Saulo Leonardo	SE15-42 CARTEL	302	Romero Francisco Martín	GEOQP-38 CARTEL	169
Rivera Martínez Saulo Leonardo	SE15-46 CARTEL	303	Romero Hernández Esmeralda	FE-6	119
Riveros Rosas David	SE17-9 CARTEL	311	Romero Hernández Esmeralda	FE-11	120
Robledo Nieto Alberto	CCA-69 CARTEL	103	Romero Hernández Esmeralda	FE-23 CARTEL	122
Robles Jessica*	CCA-63 CARTEL	102	Romero Isabel	SE10-7	273
Robles Martínez Julissa*	GEOQP-27 CARTEL	167	Romero Isabel	SE10-12	274
Robles Martínez Ricardo	SE01-12	234	Romero Isabel*	SE10-13	275
Robles Martínez Ricardo	SE01-15 CARTEL	234	Romero Isabel	SE10-20	277
Robles Muñoz Daniel*	SE20-10 CARTEL	325	Romero Vargas Carla Yarenni*	SIS-32	218
Robles Roldan Miguel Ángel*	CCA-70 CARTEL	103	Romero Vargas Carla Yarenni	SIS-46 CARTEL	221
Rocha Carrillo José Alberto*	SE01-3	232	Romero de la Cruz Oscar Mario	EG-46 CARTEL	114
Rocha Carrillo José Alberto	SE16-7	308	Romero de la Cruz Oscar Mario	SIS-45 CARTEL	221
Rocha Miller Roberto	GEOQP-32 CARTEL	168	Romo Aguilar María de Lourdes	RN-7	198
Rodríguez-Abauza Gloria Alejandra*	SE18-4	315	Romo Alvarado Jessica	SE15-21	298
Rodríguez Abauza Gloria Alejandra	SE18-6	316	Romo Curiel Alfonsina Eugenia	OCC-9	179
Rodríguez Canul Rossanna del Pilar	SE10-23 CARTEL	277	Romo Curiel Alfonsina Eugenia*	SE10-15	275
Rodríguez Canul Rossanna del Pilar	SE15-24	299	Romo Curiel Alfonsina Eugenia	SE10-18	276
Rodríguez Cardozo Félix Rodrigo*	SIS-22	216	Romo Jones José Manuel	EG-16	108
Rodríguez Castañón David	CCA-4	90	Romo Jones José Manuel	EG-17	108
Rodríguez Chávez Francisco*	EG-18	108	Romo Jones José Manuel	EG-38 CARTEL	112
Rodríguez Díaz Augusto*	GEOQP-13	164	Romo Lozano Héctor Manuel	GET-26 CARTEL	146
Rodríguez Díaz Augusto*	GEOQP-32 CARTEL	168	Ronquillo Méndez Argelia	SE15-28	300
Rodríguez Elizarrarás Sergio Raúl	SE12-20	289	Rosado Fuentes Alejandro	GET-27 CARTEL	146
Rodríguez Felix Víctor Hugo*	SIS-34 CARTEL	218	Rosales López Alfonso	AR-12	80
Rodríguez Flores Miguel Angel*	SE06-2	257	Rosales Torres Sara*	AR-15	81
Rodríguez Flores Miguel Angel	SE06-10 CARTEL	258	Rosas-Elguera José	GEOPAL-4	156
Rodríguez-González Baudelio	CCA-5	90	Rosas-Elguera José*	SE11-10 CARTEL	282
Rodríguez González Francisco Javier*	CCA-15	92	Rosas Rosales Perla Sagrario	MSG-24 CARTEL	176
Rodríguez González Lizeth	EG-27 CARTEL	110	Rosas Rosales Perla Sagrario	VUL-23 CARTEL	229
Rodríguez González Miguel	SE19-5	320	Rosas Verdugo Eliana	SE16-8	308
Rodríguez-González Miguel	SE19-7	321	Rosas Villegas Froylán*	OCE-14	189
Rodríguez Javier	SE10-2	272	Rotta Giovanni Vilnei	SE02-14	238
Rodríguez Javier	SE10-15	275	Roy Priyadarsi	GGA-8	151
Rodríguez Ledezma Armando	GP-4 CARTEL	137	Rubi-Vite Eric Alonso	SIS-40 CARTEL	220
Rodríguez Lehovec Fernando	CS-4 CARTEL	86	Rubio Arellano Ana Beatriz*	MSG-1	172
Rodríguez León Yuriri	SE01-1	232	Rubio Efrain	GEOH-32 CARTEL	135
Rodríguez-Martínez Mario*	FE-3	119	Rubio Gomez Yrany Mayerling*	CCA-65 CARTEL	102
Rodríguez-Martínez Mario	FE-4	119	Rubio Polania Juan Carlos*	SE15-21	298
Rodríguez Mosqueda Tania Isabel*	CCA-49 CARTEL	99	Rubio Rosas Efrain	AR-7	79
Rodríguez Mota Francisco Manuel	SE09-5	269	Rubio Rosas Efrain	EG-51 CARTEL	115
Rodríguez Osorio Daniel*	SE22-2 CARTEL	328	Rubio Rosas Efrain	GGA-20 CARTEL	154
Rodríguez Osorio Daniel*	SE22-3 CARTEL	328	Rubio Rosas Efrain	GEOQP-11	163
Rodríguez Outerelo Javier*	SE15-45 CARTEL	303	Rubio Rosas Efrain	GEOQP-34 CARTEL	169
Rodríguez Pérez Quetzalcoatl	SIS-51 CARTEL	222	Rubio Rosas Efrain	SED-17 CARTEL	209
Rodríguez-Ramírez Alejandro	SE10-11	274	Ruffell Alastair	SE02-8	237
Rodríguez Ramos Monserrat*	SE04-6	248	Ruiz Aguilar Diego	EG-8	106
Rodríguez-Rico Carlos Alanías	FE-14	121	Ruiz Aguilar Diego	EG-13	107
Rodríguez Rivera Maricela	GGA-14 CARTEL	153	Ruiz Aguilar Diego*	EG-17	108
Rodríguez Robles Karen Citlali	CS-3 CARTEL	86	Ruiz Aguilar Diego	MSG-9	173
Rodríguez-Robles Ulises	GEOH-4	129	Ruiz Angulo Angel	CCA-28	95
Rodríguez Sergio*	VUL-8	226	Ruiz-Angulo Angel	SE15-22	299
Rodríguez Solís José Luis*	CCA-22	94	Ruiz Fernández Ana Carolina*	SE10-8	273
Rodríguez-Tokutaira Marco*	SE09-10 CARTEL	270	Ruiz-Fernández Ana Carolina	SE10-11	274
Rodríguez Trejo Alejandro	AR-18	81	Ruiz-Fernández Ana Carolina	SE10-21	277
Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-12 CARTEL	158	Ruiz González José E.	PALEO-6	193
Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-15 CARTEL	159	Ruiz Huerta Esther A.	GGA-1	150
Rodríguez Trejo Alejandro	GEOPAL-16 CARTEL	159	Ruiz Luis Gerardo	CCA-24	94
Rodríguez Trejo Alejandro	VUL-6	225	Ruiz Salcines Pablo	OCC-25	183
Rodríguez Trejo Alejandro*	VUL-7	225	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-21	182
Rodríguez-Uribe María Carolina*	SED-18 CARTEL	209	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia*	OCC-22	182
Rodríguez Vega Antonio	GET-8	141	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-26	183
Rodríguez Yuriri*	SE01-4	232	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE15-2	295
Rohal Melissa	SE10-12	274	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE15-14	297
Rojas Hernández Rodrigo*	SE19-5	320	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE15-17	298
Rojas Hernández Rodrigo	SE19-7	321	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE15-49 CARTEL	304
Rojas Lagunes Shalon*	SE06-11 CARTEL	258	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE15-51 CARTEL	304
Rojo de Anda Georgina*	SE15-44 CARTEL	303	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	SE17-5	311
Romero Arteaga Angélica María*	SE15-49 CARTEL	304	Rutilant José	SE18-8	316
Romero Centeno Rosario	CCA-18	93	Rutten Jantine*	OCC-20	182
Romero Centeno Rosario	SE06-5	257	Rutz Jonathan J.	CCA-10	91
Romero Centeno Rosario	SE15-10	296	Ruvalcaba Sil José Luis	AR-8	79
Romero Centeno Rosario	SE15-35 CARTEL	301	Ruvalcaba Sil José Luis	GEOQP-16	164
Romero Centeno Rosario	SE15-36 CARTEL	301	Saavedra María José*	SIS-41 CARTEL	220
Romero Centeno Rosario	SE15-40 CARTEL	302	Saavedra Matta Kelly Johana	OCE-11	189
Romero Centeno Rosario	SE15-41 CARTEL	302	Sabina Federico*	SIS-50 CARTEL	222
Romero Centeno Rosario	SE15-42 CARTEL	302	Sagahón Torres Ángel Oswaldo	EG-38 CARTEL	112
Romero Centeno Rosario	SE15-43 CARTEL	302	Sainos Vizuett Michelle	MSG-5	172
Romero Centeno Rosario	SE15-46 CARTEL	303	Salas Corrales José Luis	EG-16	108
Romero Centeno Rosario	SE20-10 CARTEL	325	Salas de León David Alberto	OCE-15	190
Romero Esmeralda*	FE-22 CARTEL	122	Salas de León David Alberto	SE10-3	272
Romero-Espejel Héctor	SE11-12 CARTEL	282	Salazar González Carolina	GEOH-28 CARTEL	134
Romero Francisco	SE18-6	316	Salazar Maricarmen	SE20-7	325
Romero Francisco	SE18-11 CARTEL	317	Salazar Peña Leobardo	EG-35 CARTEL	112
Romero Francisco Martín	GGA-18 CARTEL	154	Salazar-Peña Leobardo*	SIS-40 CARTEL	220
Romero Francisco Martín	GEOQP-33 CARTEL	168	Salazar-Peña Leobardo*	SE11-12 CARTEL	282

Salazar Tlaszani Luis	GEOD-7	126	Sarmiento Bustos Estela	AR-10	80
Salcedo González Dara	CCA-24	94	Sarychikhina Olga	RN-1	197
Saldaña Arenas Juan José*	EG-51 CARTEL	115	Saucedo Ricardo	RN-2	197
Saldaña Arenas Juan José*	GGA-6	151	Saul Solís Sergio	GEOH-28 CARTEL	134
Saldaña Bencomo Jesús Iván	OCE-11	189	Saumett Miguel	SE02-15	238
Saldaña Ruíz Luz Erandi	SE10-15	275	Schaaf Peter	GEOQP-1	161
Salgado Hugo	SE18-1	315	Schiavo Benedetto*	GGA-2	150
Salgado Hugo Enrique*	SED-6	206	Schilling Manuel	GEOD-12 CARTEL	127
Salgado Martínez Elias	GGA-2	150	Schimmel Martin	SIS-28	217
Salguero David*	AR-24	83	Schimmel Martin	SE16-5	307
Salguero David	VUL-4	224	Schlüter Michael	SE10-20	277
Salinas Prieto José Antonio*	SE20-1	324	Schmitz Michael	SIS-41 CARTEL	220
Salinas Ramirez Salmai Jaaziel	GEOH-26 CARTEL	134	Schwenicke Tobias	GEOQP-1	161
Salinas Ruiz Andrew Misael*	AR-22	82	Schwenicke Tobias	GEOQP-2	161
Salles Paulo	GEOH-2	129	Schwenicke Tobias	GEOQP-27 CARTEL	167
Salles Paulo	GEOH-20 CARTEL	133	Schwenicke Tobias	GEOQP-31 CARTEL	168
Salles Paulo	OCE-11	189	Schwenicke Tobias*	SED-4	205
Salvador Fábio	SE02-4	236	Schwenicke Tobias	SED-8	206
Salvador Fábio*	SE02-9	237	Schwenicke Tobias	SED-13 CARTEL	208
Salvador Fábio*	SE02-19 CARTEL	239	Schwenicke Tobias	SED-14 CARTEL	208
Salvatteci Renato	SE18-8	316	Schwenicke Tobias	SED-15 CARTEL	208
Sampayo Rodríguez María Fernanda*	EG-27 CARTEL	110	Schwing Patrick	SE10-1	272
Sanchez Andrade Abner Isai	MSG-5	172	Schwing Patrick	SE10-5	272
Sánchez-Barra Abril Celeste*	EG-33 CARTEL	111	Schwing Patrick	SE10-6	273
Sánchez-Beristain Francisco	GEOQP-12	163	Schwing Patrick	SE10-7	273
Sánchez-Beristain Francisco	GEOQP-37 CARTEL	169	Schwing Patrick	SE10-8	273
Sánchez-Beristain Francisco	PALEO-14 CARTEL	195	Schwing Patrick	SE10-10	274
Sánchez-Beristain Francisco	SE04-14	249	Schwing Patrick	SE10-11	274
Sanchez-Cabeza Joan ALbert	SE10-11	274	Schwing Patrick*	SE10-12	274
Sanchez-Cabeza Joan Albert	SE10-8	273	Schwing Patrick	SE10-20	277
Sánchez-Cabeza Joan Albert	SE10-21	277	Schwing Patrick	SE15-38 CARTEL	302
Sánchez Cruz Rosario*	SE19-4	320	Schwing Patrick	SE15-52 CARTEL	304
Sánchez Díaz María Elena*	SE17-9 CARTEL	311	Sebastián Reyes José Daniel*	GEOPAL-6	157
Sánchez Duque Alexander	EG-57 CARTEL	116	Sedov Sergey	AR-14	81
Sánchez-Galán Javier	SE03-4	242	Sedov Sergey	AR-17	81
Sánchez-Galán Javier	SE03-5	243	Sedov Sergey	AR-25 CARTEL	83
Sanchez Galindo Luis Alfredo	MSG-5	172	Segura Antígona	GEOQP-16	164
Sánchez García Dulce Valeria*	SE01-13 CARTEL	234	Segura Espinosa Stephanie Chantal*	SE04-28 CARTEL	252
Sánchez García Elsa*	FE-11	120	Sena Lozoya Eleyra Berenice*	EG-5	105
Sánchez-Gómez Rubén	CCA-54 CARTEL	100	Sereno Hugo Iván	GGA-7	151
Sánchez Gonzáles Alberto	OCC-37 CARTEL	185	Sereno Villaseñor Hugo Iván*	GGA-10 CARTEL	152
Sánchez González Jesús	SE19-3	320	Sergeeva María	FE-4	119
Sánchez-González Jesús	SE19-9 CARTEL	321	Sergeeva María	FE-6	119
Sánchez-González Jesús*	SE19-11 CARTEL	321	Sergeeva María	FE-7	120
Sánchez Hernández Andrés	GGA-5	151	Sergeeva María	FE-23 CARTEL	122
Sánchez Hernández Luis Angel	OCE-17 CARTEL	190	Serna Bafún José Helios	VUL-12	227
Sánchez Hernández Ricardo	AR-4	78	Serrano Daniel*	GEOPAL-3	156
Sanchez Jose Luis	GGA-8	151	Serrano Daniel	GEOPAL-11 CARTEL	158
Sánchez Juan Manuel	RN-2	197	Serrano Jose	AR-22	82
Sánchez Juan Manuel	VUL-13	227	Serrano López Gabriel*	GET-32 CARTEL	148
Sánchez Juárez Gustavo Quetzalpilli*	SED-10 CARTEL	207	Sevilla Unda Víctor	CS-8 CARTEL	87
Sánchez-Meneses Oscar Casimiro	CCA-30	95	Sheinbaum Julio	OCE-10	189
Sánchez Nilsson Mori*	AR-19	82	Sheinbaum Julio	SE10-2	272
Sánchez Pérez Luis Ernesto*	MSG-7	173	Sheinbaum Julio	SE10-4	272
Sánchez Pérez Tomás	SE12-1	285	Sheinbaum Julio	SE10-15	275
Sánchez-Robles Citlalli	SE15-30	300	Sheinbaum Julio	SE10-24 CARTEL	278
Sánchez Rodríguez Julia del C.	SE11-3	280	Sheinbaum Julio	SE15-3	295
Sánchez-Rojas Melisa Aranza*	SE18-12 CARTEL	317	Sheinbaum Julio	SE15-23	299
Sánchez Sánchez Ilse Nazareth*	RN-6	198	Sheinbaum Julio*	SE15-25	299
Sánchez Sánchez Ilse Nazareth	RN-23	202	Sheinbaum Julio	SE15-27	299
Sánchez Sánchez Janet	SE04-13	249	Sheinbaum Julio	SE15-45 CARTEL	303
Sanchez Villanueva Carlos Rodolfo	VUL-21 CARTEL	229	Sheinbaum Julio	SE15-50 CARTEL	304
Sandoval Hernández Juan Manuel	RN-25 CARTEL	202	Sheinbaum Julio	SE15-53 CARTEL	304
Sandoval Juan M.	SIS-12	214	Sheinbaum Julio*	SE20-8	325
Sandoval Juan M.	SIS-13	214	Sheng Zhuping	GEOH-7	130
Sandoval Magallanes Luis Martín*	SIS-31	218	Sheng Zhuping	GEOH-28 CARTEL	134
Sandoval Quintana Osiris*	CCA-36	96	Shibazaki Bunichiro	SE12-11	287
Sandoval Quintana Osiris	SE02-12	238	Shields Christine A.	CCA-10	91
Sandoval Rangel Andrés	OCE-11	189	Shinohara Masanao	SE12-3	285
Sandwell David	GEOD-4	125	Sideris Michael G.*	SE23-1	330
Sanjurjo Enrique*	SE20-11 CARTEL	325	Sidón Ceseña Karla	SE15-29	300
Santacruz De Leon German	GEOH-4	129	Siebe Claus	VUL-8	226
Santana Sepúlveda Julio Sergio	SE06-1	257	Siebe Grabach Christina D.	GEOH-16	132
Santana Sepúlveda Julio Sergio	SE06-10 CARTEL	258	Siebe Grabach Christina D.	SE04-10	248
Santana-Silva Alicia	GGA-18 CARTEL	154	Sieron Katrin	SIS-14	214
Santana-Silva Alicia	GEOQP-33 CARTEL	168	Sierra-Oramas Daniela	SE10-25 CARTEL	278
Santiago Delgadillo María Fernanda*	GGA-20 CARTEL	154	Sierra Rojas Maria Isabel	GET-30 CARTEL	147
Santiago José Antonio	SE12-17	288	Sierra Rojas Maria Isabel	GEOPAL-2	156
Santos Andrés*	SE18-14 CARTEL	318	Sifeddine Abdelfettah	SE18-8	316
Santos Clemencia	RN-18	201	Sifeddine Abdel	SE18-13 CARTEL	317
Santoyo García Galiano Miguel Angel*	SE12-7	286	Sigala Eric*	SE17-14 CARTEL	313
Santoyo García Galiano Miguel Angel*	SE13-2	292	Silva Avalos Raul Ulises*	MSG-10	173
Santoyo Miguel A.	SE12-5	285	Silva Casarín Rodolfo	OCC-32 CARTEL	184
Santoyo Miguel A.	SE12-11	287	Silva-Hidalgo Humberto	CCA-4	90
Sarabia González Alejandro	SE19-3	320	Silva Hidalgo Humberto	GEOH-7	130

Silva Ma. de L. Montserrat*	CCA-44 CARTEL	98	Tago Josué	SE12-18	288
Silva Quiroz Rafael*	CCA-64 CARTEL	102	Tago Josué	SE12-19	289
Silva Rodolfo	OCE-10	189	Tago Josué	SE19-6	320
Silva Teodoro	RN-2	197	Taira Taka'aki	SE12-6	286
Silva Vega Cuauhtémoc	SE15-43 CARTEL	302	Tamayo Sebastian	RN-13	200
Silva Vidal Yamina	SE05-1	254	Tanahara Romero Sorayda Aime*	OCE-3	187
Silva Yamina	SE05-2	254	Tanahara Romero Sorayda Aime	OCE-16 CARTEL	190
Silván-Cárdenas José Luis*	SE02-13	238	Tanahara Romero Sorayda Aime*	SE15-20	298
Silván-Cárdenas José Luis	SE02-20 CARTEL	240	Tang Wenquing	OCE-4	187
Simon Daout	GEOD-6	126	Taylor-Espinosa Nidia	CCA-20	93
Singh Shri K.	SIS-11	214	Teahulos Ortega Evelyn Donaji*	AR-7	79
Singh Shri K.	SE12-12	287	Teahulos Ortega Evelyn Donaji*	GEOQP-29 CARTEL	167
Singh Shri K.*	SE12-16	288	Teas Philip	SE08-7	265
Singh Shri K.	SE12-18	288	Tecanhuey Sánchez Héctor	SE22-2 CARTEL	328
Skiba Iouri	SE03-1	242	Tecanhuey Sánchez Héctor	SE22-3 CARTEL	328
Skiba Iouri	SE03-5	243	Tejada Kellwi*	EG-28 CARTEL	110
Skiba Iouri*	SE03-8	243	Tejero-Andrade Andrés	SE19-11 CARTEL	321
Skiba Iouri	SE03-16 CARTEL	245	Téllez-Velázquez Gabriela	GET-13	143
Sobin Jacob*	SE08-11 CARTEL	265	Tellez de la Cruz Oscar Alexis	MSG-24 CARTEL	176
Sobral Martin	GGA-12 CARTEL	152	Tellez de la Cruz Oscar Alexis	VUL-23 CARTEL	229
Socorro Espino Valdés María	GEOH-7	130	Tenorio Fernandez Leonardo*	OCC-15	181
Solano Ericka Alinne*	SE11-11 CARTEL	282	Tenorio Fernandez Leonardo	OCE-2	187
Solano Ericka Alinne	SE11-14 CARTEL	282	Tenreiro Miguel*	SE15-22	299
Solano Ericka Alinne	SE12-25 CARTEL	290	Terán Hinojosa Estrella	GGA-12 CARTEL	152
Solano Rojas Darío Emmanuel	GEOD-7	126	Tereshchenko Iryna	CCA-13	92
Solari Luigi A.	GEOQP-9	163	Tereshchenko Iryna*	CCA-56 CARTEL	100
Solari Luigi A.	GEOQP-10	163	Tereshchenko Iryna	OCC-5	178
Soler Arechalde Ana María	SE09-2	268	Tereshchenko Iryna	SE07-9	261
Soler Arechalde Ana María	SE09-7 CARTEL	269	Tereshchenko Iryna	SE07-10	261
Soliman García Emmanuel	SE12-2	285	Tereshchenko Iryna	SE07-11	261
Soliman García Emmanuel	SE12-13	287	Terrazas Mata Alejandro	AR-14	81
Solis Orduña Lesly Madeleim*	GET-31 CARTEL	148	Testoni Samara	SE02-4	236
Solis Rosales Corina	AR-14	81	Teutli León Margarita	GGA-5	151
Solis Sergio Saúl	CCA-52 CARTEL	99	Thorncroft Christopher	SE03-3	242
Solis Valdez Sara	GGA-4	150	Timmen Ludger	GEOD-12 CARTEL	127
Solleiro Rebolledo Elizabeth	AR-17	81	Tobal Cupul Jessica Guadalupe	CCA-54 CARTEL	100
Solleiro Rebolledo Elizabeth	AR-25 CARTEL	83	Tobal Cupul Jessica Guadalupe*	OCE-6	188
Solorio Magaña Guillermo	SIS-12	214	Toh Akiko	SE12-3	285
Solorza Calderón Selene	MSG-10	173	Toledo-Roy Juan Claudio	CCA-64 CARTEL	102
Soria Caballero Diana Cinthia	GET-5	140	Toledo Tania	SIS-23	216
Soria Reinoso Ismael*	SE07-6	260	Torales Rodríguez Adrián	OCC-7	179
Soria Reinoso Ismael	SE07-7	261	Torreblanca Padilla Carlos Alberto	SE09-9 CARTEL	269
Soria-Ruiz Jesus*	RN-10	199	Torres-Bejarano Franklin	GEOH-10	131
Sosa Anibal*	EG-15	108	Torres-Freyermuth Alec	CCA-20	93
Sosa Ávalos Ramón	OCE-16 CARTEL	190	Torres-Freyermuth Alec*	OCC-6	178
Sosa Ceballos Giovanni	GEOQP-7	162	Torres-Freyermuth Alec	OCC-20	182
Sosa Ceballos Giovanni	GEOQP-8	162	Torres-Freyermuth Alec	OCC-35 CARTEL	185
Sosa Ceballos Giovanni	VUL-5	225	Torres Gaytan David Ernesto*	EG-34 CARTEL	111
Sosa Ceballos Giovanni	VUL-13	227	Torres Gaytan David Ernesto	GET-6	141
Sosa Nishizaki Oscar	SE10-15	275	Torres Gutiérrez Héctor Salvador	OCE-7	188
Sosa Nishizaki Oscar	SE10-18	276	Torres Gutiérrez Héctor Salvador	SE04-8	248
Sosa-Ramírez Rocío	SIS-2	212	Torres Hernández José Ramón	EG-34 CARTEL	111
Sotelo Perla	CS-2 CARTEL	86	Torres Hernández José Ramón	GEOH-5	129
Soto Aguilar Brianda Berenice*	OCC-21	182	Torres Hernández José Ramón	GET-19 CARTEL	144
Soto Ayala Rogelio	SE11-7	281	Torres Hernández José Ramón	GEOQP-4	161
Soto Ontiveros Arturo	GEOH-7	130	Torres Hernández José Ramón*	GEOQP-5	162
Soto Ramírez Daniel	RN-6	198	Torres Itzayana	GGA-7	151
Soto Ramírez Daniel*	RN-23	202	Torres José de Jesús	EG-47 CARTEL	114
Soto Villalobos Roberto	GP-1 CARTEL	137	Torres-Martínez Miguel Angel*	PALEO-3	192
Soto Villalobos Roberto	MSG-20 CARTEL	175	Torres-Martínez Miguel Angel	PALEO-9 CARTEL	193
Soto Villalobos Roberto	MSG-21 CARTEL	175	Torres-Martínez Miguel Angel*	PALEO-10 CARTEL	194
Soto Villalobos Roberto	MSG-22 CARTEL	175	Torres Orozco Ernesto	OCC-38 CARTEL	185
Souza Gómez Alejandro Jose Gerardo	OCC-8	179	Torres Orozco Ernesto	SE04-22	251
Souza Joao	SE10-2	272	Torres-Paniagua Kenya	SE17-7	311
Spallarossa Daniele	SIS-25	217	Torres Rojas Yassir Edén	OCC-37 CARTEL	185
Spelz Ronald	GET-4	140	Torres Sánchez Darío	GEOQP-4	161
Stamper Mathias J.	SE15-52 CARTEL	304	Torres Sonia*	GEOH-5	129
Stock Joann M.	GEOPAL-14 CARTEL	159	Torruco Gómez Daniel	SE15-21	298
Stock Joann M.	SIS-17	215	Tovar Erick	EG-50 CARTEL	115
Stock Joann M.	SIS-18	215	Tramelli Anna	SE16-4	307
Stremme Wolfgang	CCA-67 CARTEL	103	Tranchida María Cecilia*	SE02-1	236
Suárez Ascencio Estefani*	EG-37 CARTEL	112	Trasviña Castro Armando	EG-11	107
Suárez Gerardo*	SE12-17	288	Trejo Elizabeth*	RN-20	201
Suárez Gerardo*	SE13-1	292	Trejo-Gómez Elizabeth	SED-18 CARTEL	209
Suárez Plascencia Carlos	EG-43 CARTEL	113	Trejo Pelayo Salvador	SED-6	206
Suárez Plascencia Carlos*	RN-7	198	Tristán-González Margarito	GEOQP-5	162
Suárez Plascencia Carlos	SIS-13	214	Tropper Peter	SE09-4	268
Sudre Joël	SE15-20	298	Trujillo Rojas Katia Denis*	OCC-34 CARTEL	185
Sutton Tracey	SE10-1	272	Tsiftsi Thomai	FE-17	121
Sutton Tracey	SE10-13	275	Turrent Cuauhtémoc	CCA-13	92
Tadeo Javier	SE20-7	325	Turrent Cuauhtémoc	CCA-22	94
Tago Josué	MSG-8	173	Turrent Cuauhtémoc	SE15-54 CARTEL	305
Tago Josué*	SE12-10	287	Tuxpan Vargas José	CCA-38 CARTEL	97
Tago Josué	SE12-11	287	Tuxpan Vargas José	MSG-23 CARTEL	176
Tago Josué	SE12-12	287	Tuxpan Vargas José	OCE-15	190

Ulloa Marco	SE15-22	299	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-13	164
Ureta Sánchez Carolina	CCA-35	96	Velasco Tapia Fernando	RN-27 CARTEL	203
Uribe Mariana	SE15-55 CARTEL	305	Velasco Tapia Fernando	SED-1	205
Urrea Luisa	SE12-23	290	Velasco Villarreal Miriam*	GEOPAL-1	156
Urrutia Araxi	SE18-14 CARTEL	318	Velasco Vinasco Julián Andres	CCA-34	96
Urrutia Fucugauchi Jaime	EG-18	108	Velasco Vinasco Julian Andres*	CCA-35	96
Urrutia Fucugauchi Jaime	EG-53 CARTEL	115	Velásquez Aristizabal Jorge A.	SE15-19	298
Urrutia Fucugauchi Jaime	EG-56 CARTEL	116	Velásquez Orozco Manuel	SE22-2 CARTEL	328
Urrutia Fucugauchi Jaime	GEOPAL-1	156	Velásquez Orozco Manuel	SE22-3 CARTEL	328
Urrutia Fucugauchi Jaime	MSG-12	174	Velayarce Bazán Marco Antonio*	OCE-7	188
Urrutia Fucugauchi Jaime*	SE18-1	315	Velázquez-Aguilar Mauricio	SE18-13 CARTEL	317
Urrutia Fucugauchi Jaime	SE18-14 CARTEL	318	Velázquez Bucio María Magdalena	GET-5	140
Urrutia Fucugauchi Jaime*	SE22-5 CARTEL	328	Velázquez Maldonado Luis	AR-1	78
Vachard Daniel	PALEO-2	192	Velázquez-Muñoz Federico Angel	OCC-5	178
Valdés Barron Mauro	SE17-9 CARTEL	311	Velázquez Muñoz Federico Ángel	OCC-13	180
Valdés-Galicia José Francisco	FE-21	122	Velazquez-Muñoz Federico Angel*	OCE-8	188
Valdés González Carlos Miguel*	RN-15	200	Velázquez Serrano Cynthia Berenice	CCA-41 CARTEL	97
Valdivia Juan A.	FE-15	121	Velazquez Zaguilan Arisai*	GEO-4	125
Valdivia Prado Jairo	SE05-1	254	Velazquez Zapata Juan Alberto*	CCA-41 CARTEL	97
Valdivieso Ojeda Jacob Alberto	SE15-5	295	Veldman Renee I.	SE15-52 CARTEL	304
Valencia-Agamí Sonia	SE10-16	276	Velo-García Héctor	GEOQP-19	165
Valencia Gastí José A	SE15-19	298	Velo-Nava Grecia Isabel*	GEOQP-19	165
Valencia Martínez Jorge	OCE-11	189	Velueta-Zapata Vianey	SIS-40 CARTEL	220
Valenzuela Raul	SIS-6	212	Velueta-Zapata Vianey	SE11-12 CARTEL	282
Valera Pérez Miguel Ángel	SE03-13 CARTEL	244	Venegas Ferrer Rafael	SE18-1	315
Vallejo Barba Josefina	SE11-6	281	Ventura Marroquin Julia Isabel	MSG-24 CARTEL	176
Vallejo Espinosa Gerardo	SE10-5	272	Ventura Marroquin Julia Isabel	VUL-23 CARTEL	229
Vallejo Espinosa Gerardo	SE10-9	273	Vera Guillermo*	GGA-8	151
Van Aerle Ronny van Aerle	SE18-14 CARTEL	318	Vera Laura Abigail*	SE17-12 CARTEL	312
Van der Stocken Tom	OCE-4	187	Vera Omar*	SE07-1	260
Vargas Diana	SE03-3	242	Vera Romero Iván	EG-12	107
Vargas Huitzil Eliana*	EG-30 CARTEL	111	Vera Romero Iván	VUL-27 CARTEL	230
Vargas Huitzil Eliana*	MSG-2	172	Vera Romero Iván	SE09-1	268
Vargas Rafael	EG-7	106	Vera Romero Iván	SE09-11 CARTEL	270
Vargas Rafael	EG-22	109	Verduzco Zapata Manuel Gerardo	OCC-13	180
Vargas Rafael*	EG-52 CARTEL	115	Verduzco Zapata Manuel Gerardo	OCC-18	181
Vargas Rodrigo	CCA-29	95	Verduzco Zapata Manuel Gerardo*	OCC-38 CARTEL	185
Vargas Rodríguez Daniela Fernanda*	AR-17	81	Vergara Huerta Filiberto*	SE16-6	308
Vasallo Morales Luis Fernando	GET-20 CARTEL	145	Verth Gary	FE-19	122
Vasallo Morales Luis Fernando	GGA-16 CARTEL	153	Vichot Llano Alejandro	CCA-55 CARTEL	100
Vassallo Luis Fernando	GGA-4	150	Vidal Aguirre Valeria*	SE04-24	252
Vázquez-Alarcón Geraldine Verónica*	SE04-17	250	Vidal Cinthya	SE09-7 CARTEL	269
Vázquez Alarcón Geraldine Verónica	SE04-20	251	Vidal-Martínez Víctor	SE10-22 CARTEL	277
Vázquez-Bader Ana Rosa	SE10-21	277	Vidal Martínez Víctor Manuel	SE10-17	276
Vázquez-Bader Ana Rosa	SE15-12	297	Vidal Solano Jesús Roberto	EG-24	109
Vázquez Báez Víctor Manuel	FE-18	121	Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-14 CARTEL	159
Vázquez Báez Víctor Manuel	MSG-1	172	Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-15 CARTEL	159
Vázquez Báez Víctor Manuel	SE03-11 CARTEL	244	Vidal Solano Jesús Roberto	GEOPAL-16 CARTEL	159
Vázquez Báez Víctor Manuel	SE03-12 CARTEL	244	Vidal Solano Jesús Roberto	VUL-6	225
Vázquez Báez Víctor Manuel	SE03-15 CARTEL	245	Vidal Villegas José Antonio	SIS-17	215
Vázquez Becerra G. Esteban	GEO-5	125	Vidal Villegas José Antonio	SIS-18	215
Vázquez Becerra G. Esteban	GEO-11 CARTEL	127	Vidal Villegas José Antonio	SE11-3	280
Vázquez Caamal Miriam Lizzeth*	SE12-25 CARTEL	290	Vidal Villegas José Antonio	SE16-8	308
Vázquez Cruz Perla Isabel	SE20-2	324	Vilchis García Verónica	VUL-10	226
Vázquez-Cuervo Jorge	OCE-4	187	Villa Jairo	CCA-44 CARTEL	98
Vázquez Gálvez Felipe Adrián	CCA-52 CARTEL	99	Villa Sánchez Alfredo*	SE09-8 CARTEL	269
Vázquez Luis*	SIS-6	212	Villafañe-Barajas Saúl	SE04-27 CARTEL	252
Vázquez Luis*	SE12-22	289	Villafuerte Carlos	SE12-10	287
Vázquez Morales Rosario	VUL-15	227	Villafuerte Carlos	SE12-11	287
Vázquez Rosas Ricardo	RN-24	202	Villafuerte Carlos	SE12-12	287
Vázquez Sánchez Raul	CCA-62 CARTEL	101	Villafuerte Carlos*	SE12-18	288
Vega Alvarez Nestor Alberto*	SE07-3	260	Villafuerte Carlos	SE12-19	289
Vega-Baez María Jimena*	SIS-37 CARTEL	219	Villalobos Luévanos Ernesto Jesús	SE01-1	232
Vega Cendejas María Eugenia	SE15-31	300	Villalobos Puma Elver	SE05-1	254
Vega Cendejas María Eugenia*	SE15-55 CARTEL	305	Villalpando Fabián	RN-2	197
Vega Fabiola	SE20-7	325	Villamichel José Eduardo	EG-50 CARTEL	115
Vega Granillo Ricardo	EG-24	109	Villanueva Estrada Ruth Esther	GEOH-18 CARTEL	133
Veitch Stephen	SE19-8	321	Villanueva Estrada Ruth Esther	GEOQP-32 CARTEL	168
Vela Rosas Miguel Ángel	SIS-10	213	Villanueva-Hernández Pablo	FE-12	120
Vela Rosas Miguel Ángel	SE11-2	280	Villanueva-Hernández Pablo	FE-13	121
Velasco Aaron	EG-15	108	Villanueva-Hernández Pablo	FE-23 CARTEL	122
Velasco Aaron	SIS-26	217	Villanueva-Hernández Pablo*	FE-25 CARTEL	122
Velasco Aaron*	SE13-3	292	Villanueva-Macias José*	GGA-13 CARTEL	153
Velasco Aaron	SE13-4	292	Villanueva-Rodríguez Luis Mario*	GEOQP-21	165
Velasco Aaron	SE13-5	292	Villar-Morales Diego	PALEO-14 CARTEL	195
Velasco Aaron	SE13-6	293	Villarreal Hernández José Armando*	MSG-22 CARTEL	175
Velasco Casarez Leonardo*	EG-55 CARTEL	116	Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo*	SE03-9 CARTEL	244
Velasco Fuentes Oscar Uriel	MSG-15	174	Villarreal Samuel*	CCA-29	95
Velasco Herrera Víctor Manuel	SE17-9 CARTEL	311	Villarreal Santillan Valeria Suridday*	CCA-43 CARTEL	98
Velasco-Lindero Miguel Ángel*	EG-19	108	Villicaña Adrian	SE15-22	299
Velasco María de los Ángeles	CCA-65 CARTEL	102	Vite Sánchez Reynaldo	SIS-10	213
Velasco María de los Ángeles	SE03-6	243	Vivas Flor	EG-10	106
Velasco María de los Ángeles*	SE03-7	243	Vladimir Kostoglodov	GEO-6	126
Velasco Tapia Fernando	GEOQP-3	161	Walde Michel Alain*	SED-15 CARTEL	208
Velasco Tapia Fernando	GEOQP-6	162	Wang Ping*	SE02-18 CARTEL	239

Wei Meng	SE12-11	287	Zúñiga Medina Luz María	SIS-42 CARTEL	220
Whitney Bronwen S.	SE18-5	316	Zúñiga Ramón	SIS-21	216
Xu Shunshan*	GET-21 CARTEL	145			
Yamada Tomoaki	SE12-3	285			
Yamashita Yusuke	SE12-3	285			
Yamori Katsuya	SE12-1	285			
Yamori Katsuya	SE12-23	290			
Yañez-Casas Gabriela Aurora	CCA-51 CARTEL	99			
Yañez-Casas Gabriela Aurora	GEOH-10	131			
Yañez-Casas Gabriela Aurora	MSG-12	174			
Yáñez García Camilo	EG-35 CARTEL	112			
Yépez Rincón Fabiola Doracely*	SE17-1	310			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	SE17-3	310			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	SE17-4	310			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	SE17-11 CARTEL	312			
Yépez Rincón Fabiola Doracely	SE17-13 CARTEL	312			
Yoshioka Shoichi	SE12-1	285			
Yutsts Vsevolod	EG-34 CARTEL	111			
Yutsts Vsevolod	EG-44 CARTEL	113			
Yutsts Vsevolod	GET-6	141			
Yutsts Vsevolod	MSG-23 CARTEL	176			
Yutsts Vsevolod	RN-30 CARTEL	203			
Zamora Azucena	EG-15	108			
Zamora Briseño Jesús Alejandro	SE10-23 CARTEL	277			
Zamora Briseño Jesús Alejandro	SE15-24	299			
Zamora Camacho Araceli*	SIS-20	216			
Zamora Camacho Araceli	VUL-9	226			
Zamora Olivia	SE20-7	325			
Zamudio Luis	SE06-3	257			
Zapata-Meza Marcela	AR-16	81			
Zárate Jessica	SE15-22	299			
Zárate Oscar Daniel*	GET-19 CARTEL	144			
Zarco José María	SE04-26 CARTEL	252			
Zarraluqui Víctor*	CCA-1	90			
Zarza Alvarado Miriam Arianna	OCC-34 CARTEL	185			
Zarza Alvarado Miriam Arianna	SE15-10	296			
Zavala Arriaga Maria Mercedes*	GP-6 CARTEL	137			
Zavala Gutiérrez Noel	SIS-16	215			
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-3	90			
Zavala Hidalgo Jorge*	CCA-6	91			
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-20	93			
Zavala Hidalgo Jorge	CCA-70 CARTEL	103			
Zavala Hidalgo Jorge	OCC-33 CARTEL	184			
Zavala Hidalgo Jorge	OCC-34 CARTEL	185			
Zavala Hidalgo Jorge	SE06-5	257			
Zavala Hidalgo Jorge	SE12-1	285			
Zavala Hidalgo Jorge*	SE12-13	287			
Zavala Hidalgo Jorge	SE12-14	287			
Zavala Hidalgo Jorge	SE12-21	289			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-6	295			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-7	296			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-9	296			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-10	296			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-11	296			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-35 CARTEL	301			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-36 CARTEL	301			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-37 CARTEL	301			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-39 CARTEL	302			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-40 CARTEL	302			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-41 CARTEL	302			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-42 CARTEL	302			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-43 CARTEL	302			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-45 CARTEL	303			
Zavala Hidalgo Jorge	SE15-46 CARTEL	303			
Zavala Hidalgo Jorge	SE20-2	324			
Zavala Hidalgo Jorge	SE20-10 CARTEL	325			
Zavala Ibarra Iván	SE11-3	280			
Zavala Jorge	SE10-2	272			
Zavala Luis	OCE-12	189			
Zavala Romero Olmo Sebastian	SE15-9	296			
Zavala Romero Olmo Sebastian	SE15-10	296			
Zavala Romero Olmo Sebastian	SE15-43 CARTEL	302			
Zavala Romero Olmo Sebastian	SE15-46 CARTEL	303			
Zavala Sansón Luis*	SE15-1	295			
Zavala Sergio	SE15-55 CARTEL	305			
Zazueta García Ixchel S.	SE15-43 CARTEL	302			
Zenteno Jiménez José Roberto*	SE03-10 CARTEL	244			
Zenteno Jiménez José Roberto	SE11-12 CARTEL	282			
Zenteno-Palma Carlos	OCC-9	179			
Zepeda Ramos Oscar	RN-15	200			
Zepeda Ramos Oscar	SE12-1	285			
Zhu Jun	SE02-18 CARTEL	239			
Zhurina Natalia*	SE11-14 CARTEL	282			
Zirino Alberto	SE15-20	298			
Zolorzano Fimbres Abraham	OCE-3	187			

---

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote y Víctor H. de la Luz  
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](mailto:ipedrin@cicese.edu.mx)



# geos

